



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: **2010123987/13**, **11.06.2010**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
11.06.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **11.06.2010**(45) Опубликовано: **20.01.2012** Бюл. № 2(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2242300 C2**, **20.12.2004**. **RU 2249933 C2**, **20.04.2005**. **JP 2005169285 A**, **30.06.2005**. **RU 2101901 C1**, **20.01.1998**.

Адрес для переписки:

**167982, г.Сыктывкар, ул.
Коммунистическая, 28, Институт биологии
Коми научного центра УрО РАН,
Инновационная группа**

(72) Автор(ы):

**Шарапова Ирина Эдмундовна (RU),
Маслова Светлана Петровна (RU),
Табаленкова Галина Николаевна (RU),
Гарабаджиу Александр Васильевич (RU),
Арчегова Инна Борисовна (RU),
Таскаев Анатолий Иванович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Учреждение Российской академии наук
Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения РАН (RU)**

(54) КОРНЕВИЩНЫЙ СПОСОБ ФИТОРЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЧВЫ ОТ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к нефтяной промышленности и экологии и может быть использовано для очистки-рекультивации от загрязнений нефтью и нефтепродуктами почв земель сельскохозяйственного и промышленного назначения в районах Крайнего Севера с применением растений. Данный способ рекультивации позволяет эффективно осуществлять утилизацию нефти и нефтепродуктов в почве с высокой концентрацией загрязнения 5-15%. Способ

фиторекультивации почвы от нефти и нефтепродуктов посредством фитомелиоранта включает выращивание растений *Phalaroides arundinacea* из семейства *Poaceae*, последующую высадку растений второго года жизни в нефтезагрязненную почву корневищами на расстоянии 0,3÷0,5 м. Высадка растений осуществляется в почву с концентрацией нефтепродуктов свыше 5%. Высаживают растения с очищенными корнями. 2 з.п. ф-лы, 1 ил., 2 табл.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION(21)(22) Application: **2010123987/13, 11.06.2010**(24) Effective date for property rights:
11.06.2010

Priority:

(22) Date of filing: **11.06.2010**(45) Date of publication: **20.01.2012 Bull. 2**

Mail address:

**167982, g.Syktyvkar, ul. Kommunisticheskaja, 28,
Institut biologii Komi nauchnogo tsentra UrO
RAN, Innovatsionnaja gruppa**

(72) Inventor(s):

**Sharapova Irina Ehdmundovna (RU),
Maslova Svetlana Petrovna (RU),
Tabalenkova Galina Nikolaevna (RU),
Garabadzhiu Aleksandr Vasil'evich (RU),
Archegova Inna Borisovna (RU),
Taskaev Anatolij Ivanovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Uchrezhdenie Rossijskoj akademii nauk Institut
biologii Komi nauchnogo tsentra Ural'skogo
otdelenija RAN (RU)**

(54) RHIZOMATOUS METHOD OF PHYTORECLTIVATION OF SOIL CONTAMINATED BY OIL AND OIL PRODUCTS

(57) Abstract:

FIELD: process engineering.

SUBSTANCE: invention relates to ecology and may be used for soil recultivation, particularly, to soil clearance of oil and oil products in Far North using vegetation. Proposed method comprises use of phytoimprovers, that is, cultivation of plants *Phalaroides arundinacea* of Poaceae family, transplantation of two-years-old plants onto oil-

contaminated with 0.3÷0.5 m spacing. Transplantation is performed into soil with concentration of oil products exceeding 5%. Plants with cleared roots are transplanted.

EFFECT: higher efficiency of oil recovery from soils with concentration of oil and oil products making 5-15%.

3 cl, 1 dwg, 2 tbl, 2 ex

Изобретение относится к нефтяной промышленности и экологии и может быть использовано для очистки-рекультивации от загрязнений нефтью и нефтепродуктами почв земель сельскохозяйственного и промышленного назначения в районах Крайнего Севера с применением растений.

5 Известен способ биоремедиации почвы (способ рекультивации) - очистка почв и грунтов путем внесения специальных культур микроорганизмов-нефтедеструкторов (биопрепаратов). Недостатками этого способа являются многоступенчатость биохимических процессов разложения углеводов разными группами
10 микроорганизмов, разнообразие химического состава нефти и нефтепродуктов, дополнительные затраты на подготовительные работы по подготовке загрязненных площадок (внесение минеральных и органических удобрений совместно с биопрепаратом).

15 При фиторемедиации, являющейся одним из перспективных способов рекультивации земель, загрязненных нефтью, используются различные виды растений. При 1%-ном нефтезагрязнении используются семена люцерны посевной (*Medicago sativa* L.) и костреца безостого (*Bromopsis inermis* Leys) (Шамаева А.А. Исследование процессов биоремедиации почв и объектов, загрязненных нефтяными углеводородами: Афтореф. дис. ... к.б.н., Уфа, 2007. 23 с.). При рекультивации нефтезагрязненной
20 почвы (3-6%) используются семена культурных растений (пшеница, рожь, бархатцы, зверобой, базилик) совместно с биопрепаратом Бациспектин (Салахова Г.М. Изменения эколого-физиологических параметров растений и ризосферной микробиоты в условиях нефтяного загрязнения и рекультивации почв: Афтореф. дис. ... к.б.н., Уфа, 2007. 23 с.). Недостатком исследованных растений является слабая
25 эффективность очистки почв при низких концентрациях нефтезагрязнения почвы. Кроме того, изученные виды являются культурными, произрастающими в условиях более южных территорий. На севере из-за суровых климатических условий (короткий вегетационный период, низкие температуры, бедность почв) процесс восстановления
30 растительного и почвенного покрова замедлен.

Известен способ фиторекультивации нефтезагрязненных почв, применяемый в Республике Коми, выбранный за прототип, при котором рекультивацию проводят при помощи высева семян многолетних злаковых трав при остаточном содержании
35 нефтепродуктов (ОСНП) в почве не более 3%. Этот способ применяют как завершающий этап рекультивационных работ при биоремедиации нефтезагрязненных почв (Методические аспекты рекультивации земель на Крайнем Севере. - И.Б.Арчегова, Т.В.Евдокимова, Н.С.Котелина, Е.Г.Кузнецова, М.Ю.Маркарова, В.В.Полшведкин, Л.П.Турубанова. Коми Научный центр УрО РАН, Сыктывкар, 40 1997. 25 с.).

Недостатками способа являются требуемая низкая концентрация нефти и многоступенчатость предварительных экономически затратных мероприятий с созданием условий для высева и прорастания семян многолетних трав.

45 Задачей изобретения является разработка ускоренного по времени и менее затратного по трудоемкости способа рекультивации с применением растений, позволяющего сократить количество этапов работ в комплексе мероприятий при биоремедиации нефтезагрязненной почвы.

50 Предлагаемый способ рекультивации с применением растений, высаженных корневищами, является более эффективным по показателям биодеструкции нефтяных углеводов (НУГВ) и более экономичный. Новый способ рекультивации с применением многолетнего травянистого длиннокорневищного вида из семейства

Роасеае позволяет осуществлять утилизацию нефти и нефтепродуктов в почве с высокой концентрацией загрязнения 5-15%.

Фиторекультивация является экологически чистым и недорогим способом рекультивации, который исключает вторичное загрязнение местности и разрушение природных экосистем. Процесс фиторемедиации состоит из нескольких этапов от подбора вида растения до исследования влияния уровня нефтезагрязнения на растения, эффективности очистки почвы по реакции растений (фитотоксичности).

Подбор и преимущества применения растений для рекультивации (очистки от нефти) обусловлены тем, что растения ускоряют процессы очистки почвы и позволяют обеспечить стабильность процесса биологического распада при относительно невысокой стоимости затрат. Фиторемедиация не требует снятия плодородного слоя почвы, может применяться на больших площадях и способствует сохранению и улучшению окружающей среды, поскольку связана с обогащением почвы и повышением ее плодородия. Корневая система растений способствует усилению газообмена глубинных слоев почвы и воды, развитию нефтеокисляющей микробиоты в естественной среде, подвергшейся нефтяному загрязнению, которая в обычных условиях характеризуется низкой температурой, недостатком биогенных элементов, недостатком кислорода, избыточной кислотностью.

Технический результат достигается тем, что способ фиторекультивации почвы от нефти и нефтепродуктов посредством фитомелиоранта согласно изобретению включает выращивание растений *Phalaroides arundinacea* из семейства Роасеае, последующую высадку растений второго года жизни в нефтезагрязненную почву корневищами на расстоянии 0,3-0,5 метра. Высадка растений осуществляется в почву с концентрацией нефтепродуктов свыше 5%. Высаживают растения с очищенными корнями.

Фиторекультивация при высаживании растений корневищами включает этап подготовки растений (высаживание и проращивание семян) и последующий этап посадки растений двухгодичного возраста в нефтезагрязненную почву. Высаживание в нефтезагрязненную почву длиннокорневищных злаковых растений 2-го года жизни, когда уже хорошо сформирована корневая система, на расстоянии 0,3-0,5 м друг от друга, позволяет в ускоренные сроки (2-4 месяца период положительных температур на севере) значительно снизить концентрацию нефтезагрязнения за вегетативный период. При этом исключается необходимость в этапах выравнивания площадки и механической очистки почвы от нефти, применения биопрепаратов с внесением минеральных (азофоска, нитроаммофоска с нормами расхода 350 кг/га) и органических удобрений (торф, торфокомпост с нормами расхода 30-50 т/га). Также новая технология - способ позволяет ускорить процессы восстановления главных компонентов экосистемы - растительно-микробного комплекса почвы за короткое северное лето, предотвратить ветровую и водную эрозию, поскольку многолетние травы скрепляют субстрат за счет быстрого развития корневых систем.

В качестве фитомелиоранта применяется культура корневищных злаковых трав, которые являются наиболее перспективными видами для фитомелиорации нефтезагрязненных почв, что обусловлено способностью этих растений к интенсивному вегетативному размножению. Одним из таких видов является двукисточник тростниковидный (*Phalaroides arundinacea* (L) Rausch) - многолетнее травянистое длиннокорневищное растение из семейства Роасеае. Встречается на территории Коми таежной зоны и южной окраины тундры, образует чистые и смешанные сообщества. *P. arundinacea* является перспективной кормовой культурой,

особенно для северных районов, так как характеризуется высокой урожайностью, долголетием, устойчивостью к низким температурам, засухам, болезням (Турубанова Л.П. Культура канареечника в Коми АССР. Серия препринтов сообщений «Научные рекомендации - народному хозяйству». КНЦ УрО АН СССР, 1988, вып.69. 20 с.).

5
10
15
20
25
30
35
40
45
50

Особенностью подземных побегов *P. arundinacea* является интенсивный метаболизм, большой запас меристем, способность к саморегуляции (Маслова С.П., Головкин Т.К., Куренкова С.В., Табаленкова Г.Н., Маркаров А.М. Подземный метамерный комплекс в донорно-акцепторной системе корневищных многолетних злаков *Bromopsis inermis* и *Phalaroides arundinacea* // Физиология растений. 2005 г. №6. Т.52. С.839-847).

Способ очистки нефтезагрязненной почвы с применением растения двукисточника тростниковидного, высаженного корневищами, предусматривает подготовительный этап, получение (выращивание) растений 2-го года жизни, затем высаживание этих растений в нефтезагрязненную почву.

Способ фиторемедиации с применением растений двукисточника тростниковидного, высаженных корневищами в почву с высокими концентрациями нефтезагрязнения, показан в полевых опытах с целью исследования биоремедиации нефтезагрязненной почвы и возможности использования растений двукисточника тростниковидного для очистки нефтезагрязненных почв в качестве активного мелиоративного фактора с изучением реакции растений на исходно разные уровни нефтезагрязнения почвы.

Испытание корневищного способа фиторемедиации нефтезагрязненной почвы

Исследования проводили на экспериментальной биологической станции Коми научного центра вблизи г.Сыктывкара (61° 40' с.ш.). Для вегетационного эксперимента использовали почву из пахотного горизонта опытного участка. Почва участка типичная подзолистая, сформированная на покровных суглинках, средней степени окультуренности.

Подготовительный этап заключался в высеве семян растений двукисточника тростниковидного в почву летом, за год до продемонстрированного эксперимента и весной следующего года использовали выращенные растения.

На этапе биоремедиации нефтезагрязненной почвы на чистой и нефтезагрязненной почве выращивали растения *P. arundinacea* второго года жизни. Для этого в емкости без дна объемом 10 л, заполненные чистой и нефтезагрязненной почвой и вкопанные в землю, пересаживали растения 2-го года жизни в конце мая в фазу отрастания, с очищенными от почвы корнями на расстоянии 0,3-0,5 м. Пробы отбирали через 4 месяца после начала эксперимента. Контроль - не загрязненная нефтью почва.

Доза вносимой нефти составляла 50 и 100 г/кг почвы в 15-20 см почвенном горизонте. Содержание нефти 5 и 10% соответствует высокому уровню загрязнения, так как превышает ориентировочно допустимое количество (ОДК) нефти в почве в 10 раз (Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель. Утверждены Минприроды России 15.02.95, Роскомземом 28.12.94 и Минсельхозпродом России 26.01.95). Использовали нефть с Воейского месторождения Усинского района Республики Коми. Нефть тяжелая, с высоким содержанием тяжелых парафинов и смолисто-асфальтовых веществ (Посттехногенные экосистемы Севера. Под ред. И.Б.Арчегой, Л.П.Капелькина. СПб.: Наука, 2002. 159 с.).

Методы исследования.

Изучали изменения биологических свойств почвы по горизонтам (0-10 см, 10-20 см) в образцах общей (отдаленной от корней, смешанной пробы почвы) и пробы ризосферной зоны почвы. Определяли содержание остаточной нефти методом

флуориметрии на анализаторе «Флюорат-02» (Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв на анализаторе жидкости «Флюорат-02». ПНД Ф16.1.21-98. - М., 1998. 15 с.), энзиматическую активность (Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. - 252 с.) и дыхательную активность почвы по интенсивности выделения CO_2 на газовом хроматографе "Цвет-800" (Назаров. С.К., Сивков М.Д. Методы измерения и расчета баланса углерода в естественных фитоценозах. Сер. препринтов «Новые научные методики». КНЦ УрО РАН. - 1992. Вып.43.16). Определение агрохимических показателей (подвижных соединений P, K, Ca, Mg, легкогидролизуемого N) почвы проводили по (Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. Издание 2, перераб. Издат. МГУ. 1970. 487 с.), содержание углерода - методом газовой хроматографии на элементном анализаторе EA 1110 (CHNS-O). Учет численности основных физиологических групп микроорганизмов почвы проводили методом Коха высевом на плотные питательные среды (гетеротрофы - на среде МПА, олигонитрофилы - на среде Эшби, целлюлозоразрушающие аэробы - на среде Гетчинсона, олиготрофы - на голодном агаре, микроорганизмы, использующие минеральные формы азота, - на среде КАА, микромицеты учитывали на среде Чапека, актиномицеты - на КАА) (Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии: Учебное пособие для вузов; Под ред. В.К.Шильниковой. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Дрофа, 2004. 256 с.).

Реакцию растений на загрязнение почвы нефтью оценивали по морфологическим характеристикам, накоплению биомассы, содержанию пигментов, азота, активности пероксидазы и перекисного окисления липидов (ПОЛ). Отбирали по 10-15 растений каждого варианта через 4 месяца (25 сентября). Растительные образцы разделяли на органы и взвешивали сырую и сухую биомассу. Концентрацию пигментов определяли в ацетоновых вытяжках спектрофотометрически при длинах волн 662 и 644 (хлорофиллы а и б) (Шлык А.А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биохимические методы в физиологии растений. М., 1971. С.154-170) и 470 нм (сумма каротиноидов) (Маслова Т.Г., Попова И.А., Попова О.Ф. Критическая оценка спектрофотометрического метода количественного определения каротиноидов // Физиология растений. 1986. 33. №3. С.615-619.) на спектрофотометре Shimadzu UY - 1700 (Япония). Концентрацию общего азота в образцах измеряли с помощью элементного CHNS-O анализатора EA-1110 (Италия). Интенсивность ПОЛ определяли по накоплению в тканях продукта окисления - малонового диальдегида (МДА) (Лукаткин А.С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2002. 208 с.). Активность пероксидаз определяли по Михлину (Ермаков А.И., Арасимович В.В., Смирнова-Иконникова М.И., Мурри И.К. Методы биохимического исследования растений. М.-Л.: Сельхозгиз, 1952. 520 с.).

Биоремедиацию нефтезагрязненных почв оценивали по влиянию нефтезагрязнений на подземную сферу растений в системе «почва-растение» (опыт 1), а также по реакции растений двукисточника тростниковидного на разные уровни нефтезагрязнения, т.е. фитотоксичности (опыт 2). Результаты исследований, условно разделенные на два опыта, представлены в таблицах 1, 2 и на чертеже.

Опыт 1. Для оценки эффективности очистки нефтезагрязненных почв исследовали биологическую активность почв и влияние нефтезагрязнения на растительно-микробное взаимодействие. На чертеже и в таблице 1 представлены результаты проведенных исследований биологической активности в растительно-микробном

5 комплексе почвы с растениями *P. arundinacea*, высаженными корневищами, через 4
месяца после начала эксперимента. В опыте выявлено значительное увеличение общей
микробной численности в верхнем (0-10 см) горизонте почвы по сравнению с
нижним (10-20 см). Доминирующей группой микроорганизмов не зависимо от уровня
загрязнения являются гетеротрофы, что обусловлено увеличением численности
специфических групп углеводородокисляющих микроорганизмов (УОМ),
обеспечивающих биоразложение нефтяных углеводородов в почве. Уменьшилась
численность олигонитрофилов и минерализаторов азота в вариантах с
10 нефтезагрязнением по отношению к тем же физиологическим группам
микроорганизмов контрольных вариантов в обоих горизонтах почвы. Численность
группы микроорганизмов-олиготрофов, а также целлюлозолитической группы
микроорганизмов не изменилась в общих пробах и увеличилась в пробах ризосферной
зоны загрязненной почвы по сравнению с контролем, что связано с появлением
15 субстратов в результате разложения углеводов. В опыте отмечено значительное
увеличение общей микробной численности в обоих горизонтах почвы и численности
трофических групп микроорганизмов в ризосферной зоне, максимально
приближенной к корню (чертеже). Наибольшие показатели дыхательной активности
20 (эмиссии CO_2) и дегидрогеназной активности, которая отражает уровень деструкции
нефти и является индикатором общей микробиальной активности почвы, отмечены в
почве ризосферной зоны за счет поступления корневых экссудатов растения в почву,
которые содержат полисахариды. Опытная почва характеризовалась невысоким
содержанием основных питательных элементов. Агрохимические показатели почвы
25 (подвижных соединений N, P, K, Ca, Mg), кроме C, показатели которого выше в
вариантах с нефтезагрязнением, уменьшились, что обусловлено активным
потреблением нефти и неразложившихся продуктов ее биодеструкции
микроорганизмами растительно-микробного комплекса в почве. Изменения pH в
30 нефтезагрязненных вариантах свидетельствуют о незначительном подщелачивании
почвы (табл.1).

Опыт 2. Загрязнение почвы нефтью в концентрации 5 и 10% оказало существенное
влияние на физиолого-биохимические показатели растений *P. arundinacea*, высаженных
корневищами. Выявлено снижение содержания зеленых и желтых пигментов, общего
35 азота и содержания аминокислот в органах растений (табл.2). Показано разное
влияние поллютанта на компоненты антиоксидантной системы листьев и корневищ. В
листьях опытных растений происходило накопление продуктов перекисного
окисления липидов и снижение активности пероксидаз, что говорит о повреждении
40 клеточных мембран, деструкции фотосинтетических пигментов. Корневища в отличие
от листьев не испытывали сильного окислительного стресса, о чем свидетельствуют
отсутствие изменений в уровне малонового диальдегида и повышенная активность
пероксидаз. Можно предположить, что корневища многолетнего злака
45 характеризуются более эффективной антирадикальной защитой по сравнению с
листьями. Загрязнение нефтью почвы не оказало значительного влияния на
морфологические параметры и накопление биомассы растений двукисточника
тростниковидного, высаженного корневищами. При 5%-ном загрязнении отмечали
стимулирование роста корневой системы, что может быть результатом последствия
50 биодеструкции нефти микроорганизмами. Отсутствие существенного влияния
нефтезагрязнения почвы на рост растений можно объяснить особенностями биологии
и жизненной стратегии длиннокорневищного злака. Растения *P. arundinacea* на второй
год жизни образуют мощную сеть подземных корневищ (50% в биомассе целого

растения), которые образуют большой запас вегетативных меристем и характеризуются интенсивным метаболизмом. Формирование мощной корневой системы, способствующей развитию микробиоты и улучшающей биологические свойства почвы, является одним из основных факторов устойчивости растений *P. arundinacea*, высаженных корневищами, к высокому уровню нефтезагрязнения.

По результатам полевого эксперимента можно сделать вывод, что 5% и 10% загрязнение не только не ингибировало биологическую активность в почве с растениями, но и стимулировало рост и развитие растений *P. arundinacea*, высаженных корневищами, особенно при 5%-ном нефтезагрязнении, и по показателям фиторемедиации почвы, и по эколого-физиологическим параметрам (по реакции растений), приведенным в опытах 1, 2 (таблицы 1, 2). Эффективность фиторемедиации (очистки) нефтезагрязненной почвы, характеризующаяся показателями снижения содержания нефти в почве, отражена значительным снижением содержания нефтепродуктов от исходных концентраций, особенно в нижнем (10-20 см) горизонте. Это можно объяснить гидрофобными свойствами нефти, которая сконцентрирована в верхнем горизонте (0-10 см). Большая часть корней растений двукисточника тростниковидного располагается в основном на глубине до 10 см, поэтому содержание нефти в ризосферной зоне и общей пробе нижнего горизонта не различалось. Остаточное содержание нефтяных углеводородов в ризосферной зоне верхнего горизонта отличается более высокими показателями при 10% уровне загрязнения (табл. 1). В целом, по данным ОСНП в почве убыль нефти составила и при 5 и 10%-ном исходном загрязнении составляла более 90% в обоих горизонтах.

Таким образом, применение способа рекультивации нефтезагрязненной дерново-подзолистой почвы с использованием растений *Phalaroides arundinacea*, высаженных корневищами, показало высокую эффективность. Результаты полевых опытов свидетельствуют о том, что перспективность ремедиации нефтезагрязненной дерново-подзолистой почвы при 5-10% загрязнении с применением растений *Phalaroides arundinacea*, высаженных корневищами, обусловлена увеличением биологической активности почвы, особенно в ризосфере (прикорневой зоне, максимально приближенной к корню) в верхнем горизонте. Показано повышение интенсивности биохимических реакций почвы (интенсивности почвенного дыхания и дегидрогеназной активности) за счет роста численности углеводородокисляющих гетеротрофов. Загрязнение нефтью почвы не оказало значительного влияния на морфологические параметры и накопление биомассы растений двукисточника тростниковидного, высаженного корневищами. При 5%-ном загрязнении отмечали стимулирование роста корневой системы, что может быть результатом последствия биодеструкции нефти микроорганизмами. Полученные результаты показывают высокую устойчивость длиннокорневищного злака к высоким уровням нефтяного загрязнения. Выращивание растений двукисточника тростниковидного из семян и пересаживание растений 2-го года жизни непосредственно в нефтезагрязненную почву эффективно очищает почву от нефти, ускоряет процесс восстановления почвы. Исключаются этапы, связанные с традиционными способами рекультивации при высаживании многолетних злаковых растений семенами при концентрации нефти не более 3%. Показано значительное снижение нефтезагрязнения в 0-20 см горизонте почвы. Убыль нефти составила при 5%-ном исходном нефтезагрязнении 96% в общей пробе и 98% в пробе ризосферной зоны почвы, а при 10% загрязнении - 94 и 96% соответственно. Это свидетельствует о значительном разложении и очистке почвы от внесенной нефти.

Таким образом, предлагаемый способ рекультивации с применением растений *Phalaroides arundinacea*, высаженных корневищами, не требует затрат на проведение мероприятий по подготовке нефтезагрязненной почвы (этапов выравнивания и механической очистки почвы от нефти, этапов внесения биопрепаратов, минеральных и органических удобрений, необходимых при рекультивации для доочистки почвы при применении растений высевом семян), дает значительное снижение нефтезагрязнения в верхнем (0-10 см) и нижнем (10-20 см) горизонтах почвы при исходном нефтезагрязнении до 10% и обеспечивает ускоренное восстановление почвы за период положительных температур на Севере (2-4 месяца).

Таблица 1

Химические показатели почвы и показатели биологической активности почвы в системе почва-растение по окончании полевого опыта 1

Показатели	Разрез, см	Контроль (почва без нефти)		5%-ное исходное нефтезагрязнение		10%-ное исходное нефтезагрязнение	
		Общая проба	Ризосфера	Общая проба	Ризосфера	Общая проба	Ризосфера
Дегидрогеназная активность, мг формазана/час 1 г п	0-10	0.08±0.004	0.06±0.003	0.14±0.007	0.14±0.007	0.14±0.007	0.13±0.006
	10-20	0.07±0.004	0.04±0.002	0.08±0.004	0.2±0.01	0.16±0.008	0.12±0.006
Эмиссия CO ₂ , нмоль CO ₂ /час 1 г п	0-10	275.6±22.1	296.9±23.7	277.5±22.2	301.9±24.2	227.2±18.2	241.5±19.3
	10-20	195.4±15.6	227.5±18.2	221.7±17.7	235.2±18.8	184.9±14.8	199.5±15.9
рН	0-10	5.55	5.08	5.65	5.52	5.63	5.68
	10-20	5.05	5.08	5.52	5.42	5.53	5.46
P ₂ O ₅ , мг/100 г п	0-10	31.6±1.6	35.6±1.8	17.3±0.9	13.5±0.7	13.6±0.7	37.5±1.9
	10-20	5.84±0.30	6.2±0.31	8±0.4	9.2±0.5	12.9±0.6	9.1±0.45
K ₂ O, мг/100 г п	0-10	23.5±1.2	41.4±2.07	19.4±0.97	19.4±0.97	15.8±0.8	41.1±2.05
	10-20	8.10±0.40	8.3±0.41	11.3±0.57	24±1.2	13.7±0.7	10.7±0.54
Ca, мг/100 г п	0-10	6.02±0.30	4.64±0.23	8.64±0.43	8.64±0.4	7.55±0.38	7.05±0.35
	10-20	5.37±0.27	5.73±0.29	8.9±0.45	8.94±0.5	7.8±0.39	9.07±0.45
Mg, мг/100 г п	0-10	1.20±0.06	0.89±0.045	2.07±0.104	1.92±0.096	2.4±0.12	2.26±0.113
	10-20	1.11±0.055	1.22±0.061	2.07±0.104	2±0.1	2.48±0.124	2.6±0.13
Азот гидролизированный, мг/100 г п.	0-10	4.50±0.22	3.75±0.19	4.3±0.21	5.1±0.25	3.36±0.17	5.1±0.25
	10-20	3.70±0.18	4.06±0.2	4±0.2	5.1±0.25	3.1±0.16	4.3±0.21
Углерод общий, %	0-10	2.55±0.13	2.3±0.115	3.86±0.19	3.4±0.17	3.32±0.17	3.66±0.18
	10-20	1.90±0.09	1.96±0.1	3.67±0.18	4.04±0.2	2.87±0.14	3.5±0.17
Концентрация углеводов, мг/кг почвы	0-10	170.0±50.0	180±60	2900±850	200±60	3800±1000	1600±450
	10-20	150.0±45.0	140±40	600±180	540±150	1200±350	1500±450
Убыль нефти в почве, %	0-10			94.2	99.6	96.2	98.4
	10-20			98.8	98.5	98.8	98.5

Таблица 2

Влияние нефтяного загрязнения на физиолого-биохимические характеристики растений *Phalaroides arundinacea* (опыт 2)

Показатель	Орган растения	Контроль (почва без нефти)	5% исходное загрязнение	10% исходное загрязнение
Хлорофиллы а+в, мг/г сырой массы	листья	1.67±0.1	1.36±0.009*	0.91±0.006**
Каротиноиды, мг/г сырой массы	листья	0.79±0.05	0.69±0.02	0.36±0.03***
Активность пероксидаз, J ₂ /г сырой массы	листья	20.12±0.17	14.33±1.4*	15.25±0.85*
	корневища	6.19±0.46	8.90±0.60*	12.20±0.30*
Содержание МДА, нмоль/г сырой массы	листья	41.32±6.81	73.15±2.38*	46.16±6.46
	корневища	29.87±3.36	25.28±6.17	26.39±4.5
Содержание азота, мг/г сухой массы	листья	30.7±3.4	25.3±4.0	20.2±0.4*
	корневища	12.5±1.3	10.8±1.3	9.4±1.3
	корни	14.1±2.0	8.4±0.4*	8.5±1.1*
Сухая масса, г/растение	надземная часть	12.3	14.7	11.8
	корневища	22.5	30.6	20.2

Формула изобретения

- 5 1. Способ фиторекультивации почвы от нефти и нефтепродуктов посредством фиторекультиванта, отличающийся тем, что включает выращивание растений *Phalaroides arundinacea* из семейства Poaceae, последующую высадку растений второго года жизни в нефтезагрязненную почву корневищами на расстоянии 0,3-0,5 м.
- 10 2. Способ по п.1, отличающийся тем, что высадка растений осуществляется в почву с концентрацией нефтепродуктов свыше 5%.
3. Способ по п.1, отличающийся тем, что высаживают растения с очищенными корнями.

15

20

25

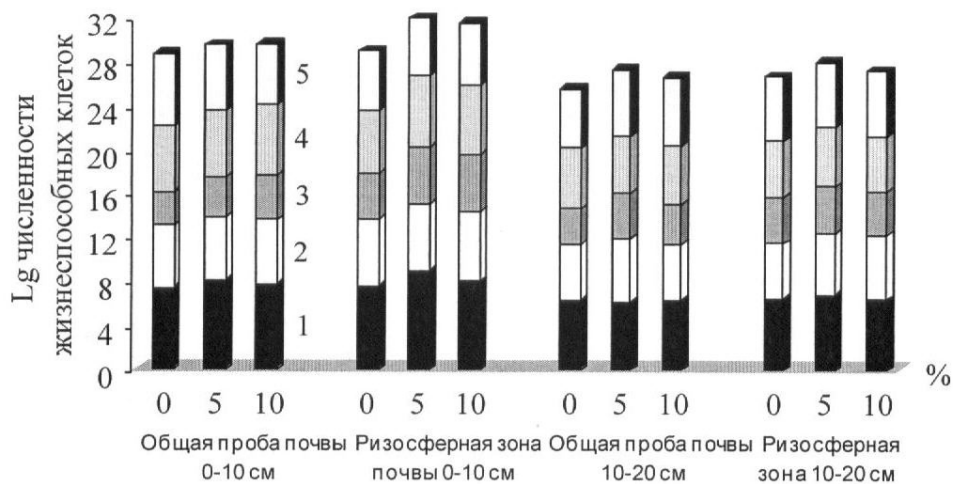
30

35

40

45

50



Численность трофических групп микроорганизмов по горизонтам почвы по окончании полевого опыта с растениями *Phalaroides arundinacea* при различных уровнях нефтезагрязнения. 1 – гетеротрофы, 2 – олигонитрофилы, 3 – целлюлозолитики, 4 – олиготрофы, 5 – минерализаторы азота.