

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2759738

### КОМПЛЕКС ОЧИСТКИ ГРУНТОВЫХ ВОД, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАСТВОРЕННЫМИ НЕФТЕПРОДУКТАМИ, И СПОСОБ ОЧИСТКИ ГРУНТОВЫХ ВОД, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАСТВОРЕННЫМИ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Патентообладатель: *Общество с ограниченной ответственностью  
"Лаборатория Неразрушающего Контроля" (RU)*

Авторы: *Хмурчик Вадим Тарасович (RU), Максимович Николай  
Георгиевич (RU), Деменев Артем Дмитриевич (RU), Rogovskiy  
Gennadiy Mikhailovich (RU), Rogovskiy Anatoliy Gennadievich  
(RU), Барышников Алексей Николаевич (RU)*

Заявка № 2020132806

Приоритет изобретения **05 октября 2020 г.**

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации **17 ноября 2021 г.**

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает **05 октября 2040 г.**

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Г. П. Ившин*





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
C02F 3/34 (2021.08)

(21)(22) Заявка: 2020132806, 05.10.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
05.10.2020

Дата регистрации:  
17.11.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 05.10.2020

(45) Опубликовано: 17.11.2021 Бюл. № 32

Адрес для переписки:

614017, г. Пермь, а/я 39, Патентное бюро  
"ОНОРИН", пат. пов. Онорину А.А., рег. N 126

(72) Автор(ы):

Хмурчик Вадим Тарасович (RU),  
Максимович Николай Георгиевич (RU),  
Деменев Артем Дмитриевич (RU),  
Роговский Геннадий Михайлович (RU),  
Роговский Анатолий Геннадьевич (RU),  
Барышников Алексей Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью  
"Лаборатория Неразрушающего Контроля"  
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2043312 C1, 10.09.1995. RU  
2312719 C1, 20.12.2007. Максимович Н.Г.,  
Хмурчик В.Т., Мещерякова О.Ю. Опыт  
очистки подземных вод от нефтяного  
загрязнения биологическими методами,  
Промышленная безопасность и экология. -  
2009. N4(37). - С.34-36. RU 87697 U1, 20.10.2009.  
RU 2137559 C1, 20.09.1999. US 5221159 A1,  
22.06.1993.

(54) КОМПЛЕКС ОЧИСТКИ ГРУНТОВЫХ ВОД, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАСТВОРЕННЫМИ  
НЕФТЕПРОДУКТАМИ, И СПОСОБ ОЧИСТКИ ГРУНТОВЫХ ВОД, ЗАГРЯЗНЕННЫХ  
РАСТВОРЕННЫМИ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к охране окружающей среды. Изобретение касается комплекса очистки грунтовых вод, загрязненных растворенными нефтепродуктами, включающего последовательно связанные между собой кабельными или радиофицированными линиями и системами трубопроводов, газопроводов с запорной арматурой следующие блоки: блок обработки и мониторинга 1, содержащий фронт обсаженных очистных скважин 7-16, до и после которого размещены наблюдательные скважины 27-29, блок обработки результатов и управления датчиками 2, блок управления глубиной подвеса дозирующих устройств 3, станцию аэрации 4,

лабораторный комплекс 5 и емкость для внесения биомассы бактериальной культуры аборигенных нефтеокисляющих микроорганизмов и минеральных компонентов 6, при этом выход блока обработки и мониторинга 1 кабельной линией связан со входом блока обработки результатов и управления датчиками 2, выход которого кабельной линией связан со входом блока управления глубиной подвеса дозирующих устройств 3, выход блока управления глубиной подвеса дозирующих устройств связан с 1-м входом блока обработки и мониторинга 1, второй вход которого посредством трубопроводов связан со входом блока 4 станции аэрации, а 3-й

вход посредством трубопроводов подключен к блоку-емкости для внесения биомассы бактериальной культуры аборигенных нефтеокисляющих микроорганизмов и минеральных компонентов 6, причем вход емкости связан трубопроводами с выходом лабораторного комплекса 5. Изобретение также касается способа очистки грунтовых вод,

загрязненных растворенными нефтепродуктами, используемого в комплексе. Технический результат - уменьшение вредного воздействия на окружающую среду за счет сокращения времени воздействия и повышения качества очистки грунтовых вод от растворенных нефтяных загрязнений. 2 н. и 8 з.п. ф-лы, 3 ил., 1 табл.



Фиг. 1

RU 2759738 C1

RU 2759738 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*C02F 3/34 (2021.08)*

(21)(22) Application: **2020132806, 05.10.2020**

(24) Effective date for property rights:  
**05.10.2020**

Registration date:  
**17.11.2021**

Priority:

(22) Date of filing: **05.10.2020**

(45) Date of publication: **17.11.2021 Bull. № 32**

Mail address:

**614017, g. Perm, a/ya 39, Patentnoe byuro  
"ONORIN", pat. pov. Onorinu A.A., reg. N 126**

(72) Inventor(s):

**Khmurich Vadim Tarasovich (RU),  
Maksimovich Nikolaj Georgievich (RU),  
Demenev Artem Dmitrievich (RU),  
Rogovskij Gennadij Mikhajlovich (RU),  
Rogovskij Anatolij Gennadevich (RU),  
Baryshnikov Aleksej Nikolaevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennostyu  
"Laboratoriya Nerazrushayushchego Kontrolya"  
(RU)**

(54) **COMPLEX FOR CLEANING GROUNDWATER CONTAMINATED WITH DISSOLVED PETROLEUM PRODUCTS AND A METHOD FOR CLEANING GROUNDWATER CONTAMINATED WITH DISSOLVED PETROLEUM PRODUCTS**

(57) Abstract:

FIELD: environment protection.

SUBSTANCE: invention relates to environmental protection. The invention relates to a groundwater treatment complex contaminated with dissolved petroleum products, which includes the following blocks sequentially interconnected by cable or radio lines and pipeline systems, gas pipelines with shut-off valves: processing and monitoring unit 1, containing the front of cased scavenger wells 7-16, before and after which observation wells 27-29 are located, result processing and sensor control unit 2, suspension depth control unit of metering devices 3, aeration station 4, laboratory complex 5 and a container for introducing bacterial culture biomass of native oil-oxidizing microorganisms and mineral components 6, while the output of the processing and monitoring unit 1 is connected by a cable line to the input of the result processing and sensor control unit 2, the output of which is connected by a cable line to the input of the suspension depth control

unit of metering devices 3, the output of the suspension depth control unit of metering devices is connected to the 1<sup>st</sup> input of the processing and monitoring unit 1, the second input of which is connected by pipelines to the input of the aeration station unit 4, and the 3<sup>rd</sup> entrance is connected via pipelines to a container block for introducing biomass of bacterial culture of native oil-oxidizing microorganisms and mineral components 6, and the tank entrance is connected by pipelines to the output of the laboratory complex 5. The invention also concerns a method for cleaning groundwater contaminated with dissolved petroleum products used in the complex.

EFFECT: reducing the harmful impact on the environment by decreasing the exposure time and improving the quality of groundwater purification from dissolved oil pollution.

10 cl, 3 dwg, 1 tbl



Фиг. 1

## Область техники

Изобретение относится к охране окружающей среды, а именно к способам устранения токсичного действия углеводородов на окружающую среду, в частности к способам очистки грунтовых вод от растворенных нефтяных загрязнений в различных природно-климатических зонах.

## Уровень техники

Известен способ очистки нефтезагрязненных подземных вод, включающий закачку через скважину и/или карстовую воронку консорциума штаммов углеводородокисляющих бактерий *Pseudomonas aeruginosa* НДКЗ-1 и *Pseudomonas*

*fluorescens* НДКЗ-2 в количестве 0,5-1,5 литра на 1 м<sup>3</sup> подземных вод. В дальнейшем проводят периодический отбор проб воды из скважин для оценки эффективности деструкции нефти. Изобретение предусматривает использование консорциум штаммов углеводородокисляющих бактерий *Pseudomonas aeruginosa* НДКЗ-1 и *Pseudomonas fluorescens* НДКЗ-2, выделенных из образцов почв и подземных вод карстовых полостей, отобранных на территории Пермского края, в качестве деструктора нефтепродуктов (пат. RU 2312719 МПК В09С 1/10; С12N 1/26, опубл.20.12.2007 г.).

Недостатками способа-аналога являются отсутствие дополнительных стимулирующих мероприятий по очистке подземных вод, т.е. не предусматривается создание более благоприятных условий для микроорганизмов. Авторы ограничиваются введением консорциума штаммов углеводородокисляющих бактерий *Pseudomonas aeruginosa* НДКЗ-1 и *Pseudomonas fluorescens* НДКЗ-2 в подземные воды, что снижает потенциальную эффективность очистки. Следовательно, в связи с этим увеличиваются трудоемкость работ и материальные затраты на реализацию технологии, а также получается низкое качество очистки. В способе отсутствует четкая информация о критериях оценки эффективности реализации технологии, ее продолжительности и системе мониторинга.

Известен способ очистки нефтезагрязненных карстовых подземных вод, который взят за прототип, согласно которому проводят оценку степени загрязнения грунтовых вод, бурение скважин, откачку грунтовых вод, аэрацию и возврат их в водоносный горизонт. При этом предварительно выделяют бактериальные культуры природных штаммов из грунтовой воды, определяют наиболее активные и нарабатывают их биомассу, после чего осуществляют откачку воды, удаляют из нее отстой и при остаточном содержании нефтепродуктов в воде 0,1-1,0 г/л вводят в воду биомассу в смеси с КNP-содержащими удобрениями и микроэлементами. Откачку воды, ее отстой и аэрацию производят в скважине, периодически повторяя процесс, с последующим введением туда же биомассы (пат. RU 2043312 МПК С02F 3/344 E21B 43/22, опубл. 10.09.95 г.).

Недостатками способа-прототипа являются большая трудоемкость работ (операции по первой стадии очистки повторяли 18 раз), и материальные затраты, связанные с предварительной откачкой воды, ее отстаиванием и аэрацией, добавочной аэрацией пласта для создания аэробных условий в объеме грунтов (вод), а также применимость способа только при низком остаточном содержании нефтепродуктов в воде (до 1 г/л). В способе предусмотрен высокий расход раствора для обработки скважин (100 л на 1 скважину). При этом аэрация подземных вод проводится не на постоянной основе и, судя по представленным значениям, выполняется «напрямую», что значительно повышает расход кислорода для обработки подземных вод и ведет к удорожанию реализации технологии. Также эта технология не предполагает проведение мониторинга и оценки эффективности очистки подземных вод.

Исходя из описания практического примера реализации известного способа-прототипа предусмотрено нижеследующее аппаратурное оформление процесса очистки, которое взято нами в качестве прототипа заявленному комплексу очистки грунтовых вод от растворенных нефтяных загрязнений: бурение и размещение на участке только  
 5 очистных скважин; насосная группа для откачки грунтовой воды из скважин; лабораторное оборудование для выделения штаммов, наработки биомассы, подбора минеральных компонентов и микроэлементов; аэрационная установка.

Этот перечень оборудования по причинам, изложенным при описании известного способа-прототипа, также не позволяет получить повышение качества очистки  
 10 грунтовых вод от растворенных нефтяных загрязнений.

Сущность изобретения

Задачей создания изобретений является разработка высокоэффективного способа очистки грунтовых вод от растворенных нефтяных загрязнений и комплекса для его реализации, свободных от недостатков прототипа.

15 Поставленная задача решается с помощью признаков, указанных в 1-м пункте формулы изобретения, общих с прототипом, таких как: способ очистки грунтовых вод, загрязненных растворенными нефтепродуктами, включающий оценку степени загрязнения территории, бурение скважин, выделение из грунтовых вод природных бактериальных культур, определение наиболее активных бактериальных культур и  
 20 наращивание их биомассы, аэрацию грунтовых вод и обработку их наращенной биомассой, - и отличительных, существенных признаков, таких как: в процессе применяют систематический мониторинг гидрохимических и гидрогеологических параметров грунтовых вод территории и оценку степени очистки вод от загрязнения, при этом до и после фронта очистных скважин устанавливаются наблюдательные  
 25 скважины, в обсаженные скважины после проверки уровня грунтовых вод размещают устройства для дозированной подачи нефтеокисляющих микроорганизмов и реагентов, при этом насыщение грунтовых вод кислородом через дозирующее устройство ведут постоянно до достижения его содержания не менее 5-10 мг/л, причем аэрацию грунтовых вод осуществляют непрерывно с периодическим добавлением аборигенных  
 30 микроорганизмов-деструкторов углеводов.

Согласно п. 2 формулы изобретения, системой мониторинга выполняют контроль за следующими параметрами грунтовых вод: водорастворенные нефтепродукты, водорастворенный кислород, макро- и микроэлементы, жесткость, сухой остаток, минерализация, а также показатели, определяемые в полевых условиях - рН, Eh, TDS,  
 35 температура и удельная электрическая проводимость.

Согласно п. 3 формулы изобретения, на основании данных мониторинга уровня грунтовых вод осуществляют регулирование глубины подвеса дозирующих устройств в скважинах.

Согласно п. 4 формулы изобретения, при первоначально высоких концентрациях  
 40 водорастворенных нефтепродуктов или наличия свободной (нерастворенной) фазы нефтепродуктов в грунтовых водах выполняют откачку этой свободной фазы и производят обработку загрязненных вод оптимальным химическим окислителем с использованием дозирующих устройств.

Согласно п. 5 формулы изобретения, для оценки степени очистки грунтовых вод  
 45 после внесения культур микроорганизмов проводят систематический мониторинг за ходом очистки подземных вод с частотой в зависимости от гидрогеологических условий и геолого-литологического строения территории (или не реже 1 раза в 3 месяца).

Вышеперечисленная совокупность существенных признаков позволяет получить

следующий технический результат - уменьшить вредное воздействие на окружающую среду за счет сокращения времени воздействия и повышения качества очистки грунтовых вод от растворенных нефтяных загрязнений.

Заявляемый способ включает в себя следующие перечисленные ниже операции.

5 На участке, загрязненном нефтепродуктами, проводят оценку степени загрязненности территории, определяют гидрохимические и гидрогеологические параметры грунтовых вод. Из пробуренных скважин отбирают пробы воды, из которых в лабораторных условиях выделяют штаммы микроорганизмов, разрушающих углеводороды нефти. Выбирают наиболее активный штамм и подбирают минеральные компоненты и  
10 микроэлементы, обеспечивающие повышенную эффективность бактерий к поглощению углеводородных соединений, а затем наращивают объем биомассы, необходимый для внесения в скважины в количестве, рассчитанном по известным методикам.

На обрабатываемом участке до и после фронта очистных скважин устанавливают наблюдательные скважины, в обсаженные скважины после проверки уровня грунтовых  
15 вод размещают устройства для дозированной подачи нефтеокисляющих микроорганизмов и реагентов, при этом насыщение грунтовых вод кислородом через дозирующее устройство ведут постоянно до достижения его содержания не менее 5-10 мг/л.

Наличие высоких концентраций нефтепродуктов в грунтовых водах может привести  
20 к образованию свободной (нерастворенной) фазы этих нефтепродуктов на поверхности грунтовых вод. Кроме того, высокие концентрации нефтепродуктов могут оказывать ингибирующее действие на жизнедеятельность микрофлоры грунтовых вод. Для толуола, используемого в качестве дезинфицирующего средства, такая концентрация составляет 290 мг/л (Sun et al. 1994). В таких случаях проводят откачку свободной фазы  
25 нефтепродуктов и производят обработку загрязненных вод оптимальным химическим окислителем, например, в соответствии с рекомендациями (Huling, Pivetz 2007). В скважины с дозирующими устройствами вносят биомассу бактерий и осуществляют аэрацию подземных вод с помощью данных устройств, к которым подсоединен источник кислорода. В качестве источника кислорода можно использовать газовые баллоны со  
30 сжатым воздухом или кислородом. Максимально возможное содержание кислорода в воде при насыщении ее воздухом составляет 8-10 мг/л в зависимости от температуры и атмосферного давления (Johnson et al. 1993). При использовании газовых баллонов с кислородом возможно достичь содержания в воде водорастворенного кислорода 40 мг/л (Johnson et al. 1993) и даже 45 мг/л (Wilson et al. 1997). Так как в природных условиях  
35 аэробный метаболизм микроорганизмов грунтовых вод протекает в условиях растворения в воде воздуха, а не кислорода и адаптирован к нему, то даже при использовании кислородных баллонов достаточно поддержания в воде содержания растворенного кислорода на уровне не выше 10 мг/л. При содержании водорастворенного кислорода в воде ниже 5 мг/л аэробная дегградация нефтепродуктов  
40 будет идти медленнее, пороговая же концентрация кислорода в воде для аэробного метаболизма составляет 2 мг/л (Chiang et al. 1989), то есть при содержании в воде кислорода ниже 2 мг/л аэробной дегградации нефтепродуктов происходить не будет совсем. Следовательно, оптимальным является поддержание содержания водорастворенного кислорода в грунтовой воде на уровне 5-10 мг/л при использовании  
45 для аэрации как баллонов со сжатым воздухом, так и баллонов с кислородом. Проводят систематический мониторинг за ходом очистки подземных вод, определяя в них через определенные промежутки времени в зависимости от гидрогеологических условий и геолого-литологического строения территории (или не реже 1 раза в 3 месяца) следующие



параметры: водорастворенные нефтепродукты, водорастворенный кислород, макро- и микроэлементы, перечень которых может корректироваться в зависимости от геохимических условий территории, жесткость, сухой остаток, минерализация воды, окислительно-восстановительные и кислотно-щелочные условия, TDS (общее количество растворенных частиц), удельная электрическая проводимость, температура.

На основании данных мониторинга уровня грунтовых вод осуществляют регулирование глубины подвеса дозирующих устройств в скважинах.

При первоначально высоких концентрациях водорастворенных нефтепродуктов или наличия свободной (нерастворенной) фазы нефтепродуктов в грунтовых водах выполняют откачку этой свободной фазы и производят обработку загрязненных вод оптимальным химическим окислителем с использованием дозирующих устройств.

Пример осуществления способа в полевых условиях.

Участок проведения опытных работ находился в промышленной зоне г. Перми на правом берегу р. Пыж в 100 м от русла реки непосредственно в зоне загрязнения подземных вод растворенными нефтепродуктами. Расположенная выше по ходу движения грунтовых вод дренажная система перехватывала свободные нефтепродукты, скопившиеся на поверхности водоносного горизонта, перед их поступлением в реку.

На участке распространены четвертичные отложения аллювиально-делювиального генезиса. К числу природных особенностей участка относятся неоднородный геолого-литологический состав пород (в верхней части разреза суглинки, в нижней - более проницаемые песчаные и гравийные отложения, подстилаемые выветрелыми коренными породами), анизотропия фильтрационных свойств водовмещающих пород, переход пористой среды в трещиноватую на относительно небольшой глубине, локальное присутствие напорных подземных вод. Максимальное содержание водорастворенных нефтепродуктов в грунтовых водах на момент начала работ составляло 9 мг/л при среднем содержании для участка 5,27 мг/л. В ходе полевых работ было проведено бурение наблюдательных скважин диаметром 120 мм с последующим отбором проб подземных вод и грунтов с целью уточнения гидрогеологических и гидрохимических параметров, а также уточнения общих характеристик распространения загрязнения непосредственно в пределах участка проведения работ. Бурение всех скважин осуществлялось до водоупора первого водоносного горизонта без использования промывочных жидкостей, размер обсадных элементов скважин был 125×5 мм, материал их изготовления - нПВХ. Скважины были снабжены фильтрами на всю глубину, начиная со второго метра от дневной поверхности. На участке размещали сеть очистных скважин, расположенную перпендикулярно направлению движения грунтовых вод: 10 скважин размещались по прямой линии на расстоянии 2 м друг от друга.

Наблюдательные скважины размещались до и после фронта очистных скважин на расстоянии 5 м от него (Фиг. 3). В очистных скважинах размещали специальные дозирующие устройства - эмиттеры «Waterloo»™ модель 703 (Solinst Canada Ltd, Канада; [www.solinst.com](http://www.solinst.com)). Установка эмиттеров осуществлялась в обсаженные скважины после проверки уровня грунтовых вод. В каждую скважину устанавливали по 2 эмиттера на глубину не выше уровня подземных вод. Как в очистных, так и наблюдательных скважинах не было обнаружено свободной (нерастворенной) фазы нефтепродуктов на поверхности грунтовых вод, поэтому не было необходимости в ее откачке.

Максимальное содержание нефтепродуктов в грунтовых водах составляло 9 мг/л, поэтому дополнительной обработки вод химическим окислителем также не требовалось.

Отдельные пробы подземных вод из наблюдательных скважин были использованы для выделения штаммов углеводородокисляющих микроорганизмов - применяли

прямой высеив из отобранных проб на агаризованную среду Раймонда в чашках Петри ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  - 2 г,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  - 2 г,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  - 3 г,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  - 0,2 г,  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  - 0,01 г,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  - 0,1 г, 1% раствор  $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  - 2 мл, 1% раствор  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  - 1 мл, вода дистиллированная - 1 л). Засеянные чашки инкубировали в парах нефтепродукта, для чего чашки помещали в эксикатор с притертой крышкой, внутри которого находился стеклянный стакан с 50 мл нефтепродукта. Инкубацию проводили в термостате при  $28^\circ\text{C}$  в течение 2 недель. Отдельно выросшие колонии микроорганизмов сравнивали между собой по их способности к окислению нефтепродуктов, для чего из каждой колонии делали отсев равного количества культуры в отдельные колбы с 300 мл жидкой среды Раймонда и 50 мкл/л нефтепродукта, инкубировали в течение недели на качалке INFORS HT Multitron Standard (Швейцария) при 100 об/мин и комнатной температуре, а затем по методике ГОСТ ПНД Ф 14.1:2:4.128-98 определяли остаточное содержание нефтепродуктов в колбах. В качестве контроля на абиотическое окисление нефтепродукта использовали незасеянную среду. Биомассу штамма, наиболее активно окисляющего углеводороды, наращивали в 10 л жидкой среды для гетеротрофных микроорганизмов (10 г/л глюкозы и 1,5 г/л сухого мясо-пептонного бульона) при комнатной температуре до достижения плотности популяции  $10^{11}$ - $10^{12}$  кл/л. Отдельно готовили 10 л раствора, содержащего NP-компоненты (180 г/л  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и 18 г/л  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ).

Вносили по 1 л каждого из растворов в нефтезагрязненные грунтовые воды через скважины с эмиттерами «Waterloo». После внесения биомассы и до окончания работ через эмиттеры осуществлялась непрерывная подача кислорода для поддержания содержания водорастворенного кислорода в грунтовой воде на уровне не менее 5-10 мг/л.

Систематически вели мониторинг за ходом очистки подземных вод, определяя в них с помощью лабораторного анализа через 10, 30, 45, 60, 75, 90 дней после внесения культуры микроорганизмов следующие параметры: водорастворенные нефтепродукты, водорастворенный кислород, макро- и микроэлементы, жесткость, сухой остаток, минерализация воды. Непосредственно в скважинах в полевых условиях вели определение глубины залегания уровня грунтовых вод, а также следующих показателей грунтовых вод: окислительно-восстановительные и кислотнo-щелочные условия, TDS (общее количество растворенных частиц), удельная электрическая проводимость и температура. На основании данных о глубине залегания уровня грунтовых вод осуществляли при необходимости регулирование глубины подвеса эмиттеров «Waterloo» в скважинах.

После 90 дней обработки указанным способом степень очистки грунтовых вод от нефтепродуктов в зоне очистки достигала 99,7% (см. табл.):

№ скважины	Содержание нефтепродуктов до обработки, мг/л	Содержание нефтепродуктов после 90 сут. обработки, мг/л	Степень очистки, %
7	1,45	0,005	99,7
8	4,80	0,77	84,0
11	6,89	0,47	93,2
12	6,82	1,68	75,4
15	2,29	0,46	79,9
16	3,54	0,62	82,5

Предлагаемые изобретения иллюстрируются следующими чертежами, где на Фиг. 1 приведена блок-схема комплекса; на Фиг. 2 - скважины с системой аэрации в разрезе;

на Фиг. 3 - схема размещения скважин на участке.

Вышеуказанная задача решается предлагаемым комплексом очистки грунтовых вод, загрязненных растворенными нефтепродуктами, который характеризуется следующими существенными признаками, указанными в 6-м пункте формулы изобретения, такими как последовательно связанные между собой кабельными или радиофицированными линиями и системами трубопроводов, газопроводов с запорной арматурой следующие блоки: блок обработки и мониторинга, блок обработки результатов и управления датчиками, блок управления глубиной подвеса дозирующих устройств, станция аэрации, лабораторный комплекс и емкость для внесения биомассы и минеральных компонентов, при этом выход блока обработки и мониторинга кабельной линией связан со входом блока обработки результатов и управления датчиками, выход которого кабельной линией связан со входом блока управления глубиной подвеса дозирующих устройств, выход блока управления глубиной подвеса дозирующих устройств связан с 1-м входом блока обработки и мониторинга, второй вход которого посредством трубопроводов связан со входом блока станции аэрации, а 3-й вход посредством трубопроводов подключен к блоку-емкости для внесения биомассы и минеральных компонентов, причем вход емкости связан трубопроводами с выходом лабораторного комплекса.

Согласно п. 7 формулы изобретения, блок обработки и мониторинга содержит фронт очистных скважин, до и после которого размещены наблюдательные скважины, каждая скважина оснащена щелевыми фильтром и датчиками, отслеживающими уровень залегания грунтовых вод и их гидрохимические показатели, и дозирующими устройствами в количестве, достаточном для перекрытия шлейфа загрязняющих веществ, связанными посредством трубопроводов со станцией аэрации и емкостью для внесения биомассы и минеральных компонентов.

Согласно п. 8 формулы изобретения, блок управления глубиной подвеса дозирующих устройств 3 содержит средство управления с электроприводом и автоматически при получении данных об изменении глубины залегания уровня грунтовых вод от блока обработки результатов и управления датчиками 2 корректирует в скважинах глубину подвеса дозирующих устройств.

Согласно п. 9 формулы изобретения, станция аэрации содержит газовые баллоны, заполненные сжатым воздухом или кислородом под давлением, которые через баллонный регулятор давления и прямую линию газопровода подсоединены к дозирующим устройствам, а к обратной линии газопровода подсоединен игольчатый спускной клапан, позволяющий сбрасывать при необходимости давление газа в трубопроводе, а также в аварийных ситуациях.

Согласно п. 10 формулы изобретения, блок обработки результатов и управления датчиками включает рабочее место оператора, компьютер с программным обеспечением и средства связи системы управления комплексом.

Вышеперечисленная совокупность существенных признаков позволяет получить следующий технический результат - уменьшить вредное воздействие на окружающую среду за счет сокращения времени воздействия и повышения качества очистки грунтовых вод от растворенных нефтяных загрязнений.

Заявляемый комплекс, реализующий описанный выше способ очистки грунтовых вод от растворенных нефтяных загрязнений, содержит последовательно связанные между собой кабельными или радиофицированными линиями и системами трубопроводов, газопроводов с запорной арматурой следующие блоки: блок обработки и мониторинга 1, блок обработки результатов и управления датчиками 2, блок

управления глубиной подвеса дозирующих устройств 3, станцию аэрации 4, лабораторный комплекс 5 и емкость для внесения биомассы и минеральных компонентов 6.

Выход блока обработки и мониторинга 1 кабельной линией связан со входом блока обработки результатов и управления датчиками 2, выход которого кабельной линией связан со входом блока управления глубиной подвеса дозирующих устройств 3. Выход блока управления глубиной подвеса дозирующих устройств связан с 1-м входом блока обработки и мониторинга 1, второй вход которого посредством трубопроводов связан со входом блока 4 станции аэрации, а 3-й вход посредством трубопроводов подключен к блоку-емкости для внесения биомассы и минеральных компонентов 6. Вход емкости связан трубопроводами с выходом лабораторного комплекса 5.

Блок обработки и мониторинга 1 содержит фронт очистных скважин 7-16, до и после которого размещены наблюдательные скважины 27-29. Каждая скважина оснащена щелевыми фильтром 17 и датчиками 20, отслеживающими уровень залегания грунтовых вод и их гидрохимические показатели, и дозирующими устройствами 18 в количестве, достаточном для перекрытия шлейфа загрязняющих веществ, связанными посредством трубопроводов со станцией аэрации 4 и емкостью для внесения биомассы и минеральных компонентов 6.

Блок управления глубиной подвеса дозирующих устройств 3 содержит средство управления с электроприводом и автоматически при получении данных об изменении глубины залегания уровня грунтовых вод от блока обработки результатов и управления датчиками 2 корректирует в скважинах глубину подвеса дозирующих устройств.

Станция аэрации содержит газовые баллоны заполненные сжатым воздухом или кислородом под давлением 25, которые через баллонный регулятор давления 26 и прямую линию газопровода 22 подсоединены к дозирующим устройствам 18, а к обратной линии газопровода 23 подсоединен игольчатый спускной клапан 27, позволяющий сбрасывать при необходимости давление газа в трубопроводе, а также в аварийных ситуациях.

Блок обработки результатов и управления датчиками 2 включает рабочее место оператора, компьютер с программным обеспечением и средства связи системы управления комплексом.

Комплекс работает следующим образом.

На загрязненном нефтепродуктами участке в соответствии со схемой загрязнения, составленной по полученным ранее данным или по данным специально проведенных исследований, размечают места расположения очистных 7-16 и наблюдательных 27-29 скважин и размещают их, как показано на Фиг. 3. Пробы воды и грунта, полученные при бурении скважин, передают в лабораторный комплекс 5 (Фиг. 1).

В лабораторном комплексе проводятся работы по выделению из полученных проб отдельных штаммов нефтеокисляющих бактерий в соответствии с принятыми методиками, определяется деструктирующая активность этих штаммов по отношению к данному загрязнению, по данным лабораторных испытаний выбирается наиболее активный деструктирующий штамм микроорганизмов и подбираются минеральные компоненты, способствующие усилению этой активности, после чего производится наработка биомассы данного штамма микроорганизмов. Нароботанная биомасса вместе с необходимыми минеральными компонентами по трубопроводу поступает в блок-емкость для внесения биомассы и минеральных компонентов 6.

В очистные скважины 7-16 помещают датчики 20, отслеживающие уровень залегания грунтовых вод и их гидрохимические показатели, и дозирующие устройства 18 в

количестве, достаточном для перекрытия шлейфа загрязняющих веществ (Фиг. 2).

Скважины посредством трубопроводов подключают к блоку-емкости для внесения биомассы и минеральных компонентов 6. Дозирующие устройства подсоединяют к средству управления 19 блока управления глубиной подвеса дозирующих устройств 3 и к станции аэрации 5 при помощи прямой 22 и обратной 23 линий газопровода.

Датчики 20 по кабельной или радиофицированной линии связи 21 передают в блок обработки результатов и управления датчиками 2 данные о глубине залегания уровня грунтовых вод. Программное обеспечение блока 2 автоматически обрабатывает полученные данные и передает по кабельной или радиофицированной линии связи команду на соответствующую корректировку глубины подвеса дозирующих устройств в блок управления глубиной подвеса дозирующих устройств 3.

Блок управления глубиной подвеса дозирующих устройств 3 при помощи средства управления 19 осуществляет индивидуальное изменение глубины подвеса дозирующих устройств 18 в блоке обработки и мониторинга 1. В дальнейшем при работе комплекса действия по корректировке глубины подвеса дозирующих устройств повторяются автоматически при изменении глубины залегания уровня грунтовых вод, например, в результате обильного выпадения атмосферных осадков.

В блок обработки и мониторинга 1 через соответствующие входы и трубопроводы и газопроводы подают наработанную биомассу и минеральные компоненты из блока 6 и сжатый воздух или кислород из станции аэрации 5.

Датчики 20 передают данные об уровне залегания грунтовых вод и их гидрохимических показателях из блока обработки и мониторинга 1 посредством кабельной или радиофицированной линии связи 21 в блок обработки результатов и управления датчиками 2, где с помощью программного обеспечения (Свид. на пр. ЭВМ №2019664144) осуществляется контроль за работой комплекса.

Несмотря на то, что были описаны предпочтительные варианты осуществления изобретений, совершенно ясно, что в него специалистами в данной области могут быть внесены изменения и дополнения, которые не выходят, однако, за рамки приведенной далее формулы изобретения.

30

#### (57) Формула изобретения

1. Комплекс очистки грунтовых вод, загрязненных растворенными нефтепродуктами, включающий последовательно связанные между собой кабельными или радиофицированными линиями и системами трубопроводов, газопроводов с запорной арматурой следующие блоки: блок обработки и мониторинга 1, содержащий фронт обсаженных очистных скважин 7-16, до и после которого размещены наблюдательные скважины 27-29, блок обработки результатов и управления датчиками 2, блок управления глубиной подвеса дозирующих устройств 3, станцию аэрации 4, лабораторный комплекс 5 и емкость для внесения биомассы бактериальной культуры аборигенных нефтеокисляющих микроорганизмов и минеральных компонентов 6, при этом выход блока обработки и мониторинга 1 кабельной линией связан со входом блока обработки результатов и управления датчиками 2, выход которого кабельной линией связан со входом блока управления глубиной подвеса дозирующих устройств 3, выход блока управления глубиной подвеса дозирующих устройств связан с 1-м входом блока обработки и мониторинга 1, второй вход которого посредством трубопроводов связан со входом блока 4 станции аэрации, а 3-й вход посредством трубопроводов подключен к блоку-емкости для внесения биомассы бактериальной культуры аборигенных нефтеокисляющих микроорганизмов и минеральных компонентов 6,

45

причем вход емкости связан трубопроводами с выходом лабораторного комплекса 5.

2. Комплекс по п. 1, отличающийся тем, что блок обработки и мониторинга 1 содержит фронт обсаженных очистных скважин 7-16, до и после которого размещены наблюдательные скважины 27-29, каждая скважина оснащена щелевыми фильтром 17 и датчиками 20, отслеживающими уровень залегания грунтовых вод и их гидрохимические показатели, и дозирующими устройствами 18 в количестве, достаточном для перекрытия шлейфа загрязняющих веществ, связанными посредством трубопроводов со станцией аэрации 4 и емкостью для внесения биомассы бактериальной культуры аборигенных нефтеокисляющих микроорганизмов и минеральных компонентов 6.

3. Комплекс по п. 1, отличающийся тем, что блок управления глубиной подвеса дозирующих устройств 3 содержит средство управления с электроприводом и автоматически при получении данных об изменении глубины залегания уровня грунтовых вод от блока обработки результатов и управления датчиками 2 корректирует в скважинах глубину подвеса дозирующих устройств.

4. Комплекс по п. 1, отличающийся тем, что станция аэрации содержит газовые баллоны, заполненные сжатым воздухом или кислородом под давлением 25, которые через баллонный регулятор давления 26 и прямую линию газопровода 22 подсоединены к дозирующим устройствам 18, а к обратной линии газопровода 23 подсоединен игольчатый спускной клапан 27, позволяющий сбрасывать при необходимости давление газа в трубопроводе, а также в аварийных ситуациях.

5. Комплекс по п. 1, отличающийся тем, что блок обработки результатов и управления датчиками 2 включает рабочее место оператора, компьютер с программным обеспечением и средства связи системы управления комплексом.

6. Способ очистки грунтовых вод, загрязненных растворенными нефтепродуктами, используемый в комплексе по п. 1, включающий оценку степени загрязнения территории, бурение скважин, выделение из грунтовых вод природных бактериальных культур аборигенных нефтеокисляющих микроорганизмов, определение наиболее активных бактериальных культур аборигенных нефтеокисляющих микроорганизмов и наращивание их биомассы, аэрацию грунтовых вод и обработку их наращенной биомассой бактериальной культуры аборигенных нефтеокисляющих микроорганизмов, отличающийся тем, что в процессе применяют систематический мониторинг гидрохимических и гидрогеологических параметров грунтовых вод территории и оценку степени очистки вод от загрязнения растворенными нефтепродуктами, при этом до и после фронта обсаженных очистных скважин устанавливают наблюдательные скважины, в обсаженные очистные скважины после проверки уровня грунтовых вод размещают устройства для дозированной подачи биомассы бактериальных культур аборигенных нефтеокисляющих микроорганизмов и минеральных компонентов, при этом насыщение грунтовых вод кислородом через дозирующее устройство ведут постоянно до достижения его содержания не менее 5-10 мг/л, причем аэрацию грунтовых вод осуществляют непрерывно с добавлением биомассы бактериальной культуры аборигенных нефтеокисляющих микроорганизмов.

7. Способ по п. 6, отличающийся тем, что системой мониторинга выполняют контроль за следующими параметрами грунтовых вод: водорастворенные нефтепродукты, водорастворенный кислород, макро- и микроэлементы, жесткость, сухой остаток, минерализация, а также показатели, определяемые в полевых условиях: pH, Eh, TDS, температура и удельная электрическая проводимость.

8. Способ по п. 6, отличающийся тем, что на основании данных мониторинга уровня

грунтовых вод осуществляют регулирование глубины подвеса дозирующих устройств в скважинах.

9. Способ по п. 6, отличающийся тем, что при первоначально высоких концентрациях растворенных нефтепродуктов или наличии свободной фазы нефтепродуктов в  
5 грунтовых водах выполняют откачку этой свободной фазы и производят обработку загрязненных вод оптимальным химическим окислителем с использованием дозирующих устройств.

10. Способ по п. 6, отличающийся тем, что для оценки степени очистки грунтовых вод после внесения биомассы бактериальной культуры аборигенных нефтеокисляющих  
10 микроорганизмов производят измерение параметров грунтовых вод с определенной частотой в зависимости от гидрогеологических условий и геолого-литологического строения территории или не реже 1 раза в 3 месяца.

15

20

25

30

35

40

45

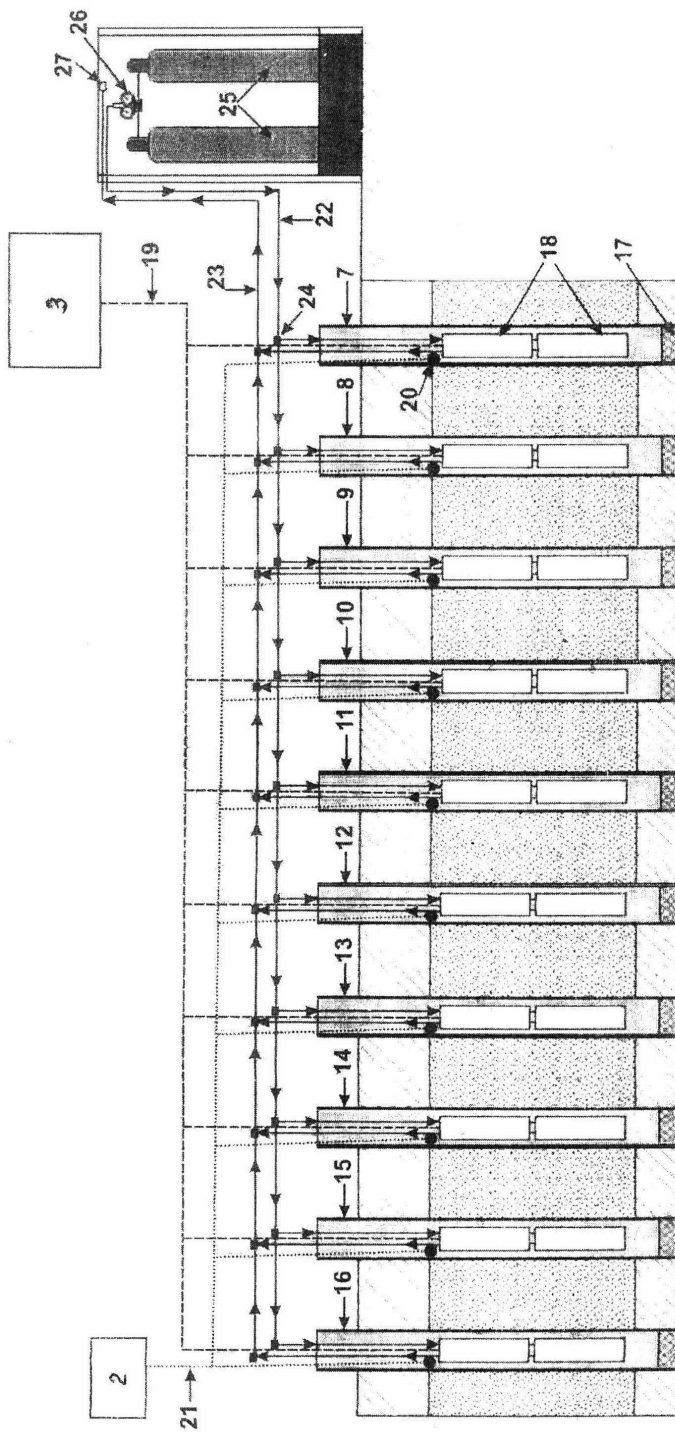
1



Фиг. 1

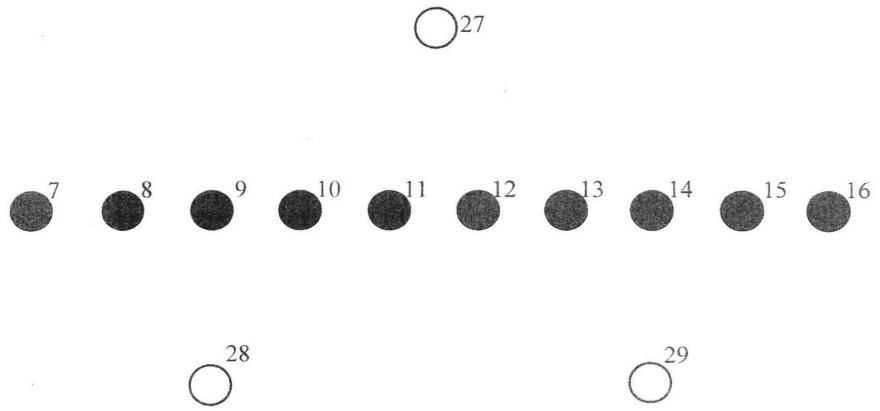
2





Фиг. 2

Направление движения  
грунтовых вод



Фиг. 3