



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
C02F 3/32 (2025.01)

(21)(22) Заявка: 2024134215, 15.11.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
15.11.2024

Дата регистрации:
17.06.2025

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.11.2024

(45) Опубликовано: 17.06.2025 Бюл. № 17

Адрес для переписки:

308015, г. Белгород, ул. Победы, 85, НИУ
"БелГУ", Токтарева Татьяна Михайловна

(72) Автор(ы):

Хуррамов Мухтор Гулович (UZ),
Назирова Зулхайнар Шаропович (UZ),
Хуррамова Дилобар Мухторовна (UZ),
Хуррамова Наргиза Мухторовна (UZ),
Хуррамова Севара Мухторовна (UZ),
Джураева Нигина Баходировна (UZ),
Шайназаров Равшан Мамаюсубович (UZ),
Хужакулов Элбек Эрматович (UZ),
Орипов Шохрух Илхом угли (UZ),
Везенцев Александр Иванович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет" (RU),
Каршинский государственный университет
(UZ)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2530173 C2, 10.10.2014. RU
2758690 C1, 01.11.2021. UA 30353 U, 25.10.2008.
RU 92418 U1, 20.03.2010. DE 202011051132 U1,
29.12.2011. KR 1020110047835 A, 09.05.2011.

(54) Способ биоинженерной глубокой доочистки сточных вод

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскому хозяйству. Предложен способ биоинженерной глубокой доочистки сточных вод, включающий использование в проточных условиях посадок высшей водной растительности, высаженных на участке оборудованной местности. При этом после механической очистки сточные воды направляют на биоинженерную площадку, сначала в резервуар, содержащий водорослевый известняк горной породы, где сточные воды в режиме турбулентности нейтрализуют и насыщают кислородом, после чего сточные воды

толщиной слоя $0,09 \pm 0,01$ метра самотеком направляют на проточную фитоплощадку оборудованной местности, содержащую высаженные полуводные растения Жерухи обыкновенной, с плотностью посадки 23 ± 2 ед/м² площади. Изобретение обеспечивает повышение эффективности глубокой доочистки сточных вод от минеральных и органических веществ, а также обеззараживание при полном прохождении через биоинженерную площадку сточных вод объемом 2200 м³/сутки в течение 2 суток. 9 ил., 1 табл.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
C02F 3/32 (2025.01)

(21)(22) Application: **2024134215, 15.11.2024**

(24) Effective date for property rights:
15.11.2024

Registration date:
17.06.2025

Priority:

(22) Date of filing: **15.11.2024**

(45) Date of publication: **17.06.2025** Bull. № 17

Mail address:

**308015, g. Belgorod, ul. Pobedy, 85, NIU "BelGU",
Toktareva Tatyana Mikhailovna**

(72) Inventor(s):

**Khurramov Mukhtor Gulovich (UZ),
Nazirov Zulkainar Sharapovich (UZ),
Khurramova Dilobar Mukhtorovna (UZ),
Khurramova Nargiza Mukhtorovna (UZ),
Khurramova Sevara Mukhtorovna (UZ),
Dzhuraeva Nigina Bakhodirovna (UZ),
Shainazarov Ravshan Mamaiusubovich (UZ),
Khuzhakulov Elbek Ermatovich (UZ),
Oripov Shokhrukh Ilkhom ugli (UZ),
Vezentsev Aleksandr Ivanovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Belgorodskii gosudarstvennyi
natsionalnyi issledovatel'skii universitet» (RU),
Karshinskii gosudarstvennyi universitet (UZ)**

(54) **METHOD FOR BIOENGINEERED DEEP POST-TREATMENT OF WASTE WATER**

(57) Abstract:

FIELD: agriculture.

SUBSTANCE: disclosed is a method for bioengineered deep post-treatment of waste water, which involves use, in flowing conditions, plantings of higher aquatic vegetation planted on a section of a developed area. After mechanical treatment, the waste water is directed to a bioengineered site, first into a reservoir containing algal limestone of the rock, where the waste water in the turbulence mode is neutralized and saturated with oxygen, after which the waste water

with a layer thickness of 0.09±0.01 metre is directed by gravity to the flowing phyto-platform of the equipped area, containing planted semiaquatic plants of watercress, with planting density 23±2 unit/m² area.

EFFECT: invention provides high efficiency of deep post-treatment of waste water from mineral and organic substances, as well as disinfection with complete passage through bioengineered platform waste water in volume of 2200 m³/day for 2 days.

1 cl, 9 dwg, 1 tbl

C1
1
7
7
1
2
8
4
1
7
7
1
R
U

R
U
2
8
4
1
7
7
1
C
1

Изобретение относится к биотехнологии, а именно к способам очистки сточных вод с помощью посадок высшей полуводной растительности, и может быть использовано для доочистки промышленных и бытовых сточных вод.

Из существующего уровня техники широко известен способ биологической доочистки сточных вод (патент РФ 2186738, опубл. 10.08.2002), включающий контакт сточных вод с высшей водной растительностью в проточных условиях, при этом сточные воды подают на ограниченное дренирующим валом биоплато равномерным слоем через водораспределительный канал, проложенный вдоль коренного берега поймы по длине биоплато, в качестве которого используют пойменное болото или заболоченный пойменный луг.

Недостатком данного способа является изъятие большой площади для биоплато и ограниченность применения только наличием заболоченной местности.

Из существующего уровня техники широко известен способ биологической доочистки сточных вод и система для его осуществления (патент РФ 2504519, опубл. 20.01.2014), заключающийся в том, что биологическая доочистка сточных вод осуществляется в очистных модулях в виде крытых прудов длиной в 4-5 раз больше ширины, имеющих утеплитель с внутренней стороны укрытия, в каждом из которых укладывают плодородный грунт для высадки полос тростника, между которыми в свободноплавающем состоянии находится ряска малая.

Недостатком данного способа является вторичное загрязнение очищенных вод по показателю БПК₅.

Наиболее близким способом к заявляемому объекту, по совокупности признаков и выбранному за прототип, является способ доочистки сточных вод (патент РФ 2530173, опубл. 10.10.2014), включающий использование в проточных условиях посадок высшей водной растительности, высаженных на участке оборудованной местности, отличающийся тем, что в процессе доочистки поток сточных вод дополнительно проходит через по меньшей мере три структурированные зоны «открытый плес-заросли растений», в каждой из которых посадки камыша озерного первого ряда и рогоза узколистного второго ряда двурядной нелинейной дуги, выгнутой по течению потока в нижней части плеса, в сочетании с посадками элодеи канадской с боковых сторон потока формируют центральную замкнутую зону со свободным от посадок пространством.

Однако недостатком данного способа является необходимость периодического изъятия части разросшейся растительности с целью восстановления структурированных зон и центральной свободной зоны очистного сооружения. Недостатком применения указанных видов растений является сезонность развития и наличие длительного периода зимнего покоя, при котором полностью отмирают зеленые части, а также значительная часть корневой системы. Это приводит к тому, что значительно падает эффективность очистки сточных вод в холодные периоды года.

Также недостатком растений, используемых в прототипе, является тот факт, что в условиях отрицательных температур в конце осени стебли и листья засыхают и отмирают. Отмирающие листья и стебли сразу оседают на дне и образуют целлюлозный ил, который потребляет свободный кислород, что приводит к вторичному загрязнению очищаемых вод.

Технической задачей заявляемого изобретения является создание эффективного, энергоресурсосберегающего, доступного и экологически безопасного способа глубокой доочистки сложных многокомпонентных сточных вод перед сбросом сточных вод в водную экосистему.

Технический результат - повышение качества доочищенных вод за счет очистки стоков от минеральных и органических веществ и обеззараживания, что позволяет привести их в соответствие требованиям санитарно-технических нормативов для сбрасываемых стоков при полном прохождении объема сточных вод через биоинженерную площадку в течение 2 суток в теплое время года и 3 суток в холодное время.

Технический результат достигается тем, что способ биоинженерной глубокой доочистки сточных вод, включающий использование в проточных условиях посадок высшей водной растительности, высаженных на участке оборудованной местности, содержит следующие новые признаки:

- после механической очистки в очистных сооружениях сточные воды, подлежащие глубокой доочистке, самотеком направляют на биоинженерную площадку оборудованной местности, сначала в резервуар, содержащий водорослевый известняк горной породы, характеризующийся развитой удельной поверхностью и обладающий высокой способностью к ионному обмену, физической и химической сорбции, и содержащий значительное количество плотноупакованных атомов кислорода, благодаря чему сточные воды в режиме турбулентности подвергаются нейтрализации и насыщению кислородом;

- после чего нейтрализованные и насыщенные кислородом сточные воды толщиной слоя $0,09 \pm 0,01$ метров самотеком направляют на проточную фитоплощадку оборудованной местности, выполненную с уклоном $0,003\%$ и содержащую высаженные полуводные растения Жерухи обыкновенной, семейство (Brassicales), род (Nasturtium), порядка (Brassicaceae), с плотностью посадки 23 ± 2 ед/м² площади.

Из уровня техники известно, что данное быстрорастущее многолетнее водное или полуводное растение с толстыми, полыми, до 50-60 см в длину стелющимися стеблями, распространенное от Европы до Центральной Азии, используют в свежем виде в медицинской практике и кулинарии как листовую овощ (интернет-источник https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B5%D1%80%D1%83%D1%85%D0%B0_%D0%BE%D0%B1%D1%8B%D0%BA%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F). Жеруха обыкновенная демонстрирует заметную устойчивость к колебаниям температуры и может выдерживать холодные экстремумы до минус 30°C и нагрев до 43°C , однако поддержание температуры выше 0°C во время зимнего выращивания благоприятно для роста растения (интернет-ссылка: https://www.picturethisai.com/ru/care/temperature/Nasturtium_officinale.html). Следовательно, в случае поддержания оптимальной температуры, фитоплощадка может быть использована круглый год.

Из уровня техники неизвестна возможность использования водорослевого известняка горной породы и растения Жеруха обыкновенная для доочистки сточных вод, следовательно, заявленное изобретение соответствует условиям новизны и изобретательского уровня.

Дополнительное преимущество предложенного способа заключается в том, что при его использовании практически ликвидируется гнилостный запах сточных вод.

Графические материалы

На фиг.1 представлен вид слоя из водорослевого известняка горной породы на дне резервуара биоинженерной площадки.

На фиг.2 изображен вид процесса насыщения кислородом сточных вод в резервуаре биоинженерной площадки.

На фиг.3 показан вид саженцев растений жеруха обыкновенная семейства (Brassicales), рода (Nasturtium), порядка (Brassicaceae) перед культивированием на фитоучастке

оборудованной местности.

На фиг.4 изображен вид фитоплощадки с высаженными растениями жеруха обыкновенная семейства (Brassicales), рода (Nasturtium), порядка (Brassicaceae) ранней весной.

5 На фиг.5 изображен вид растений жеруха обыкновенная с развитыми волосковыми корневыми системами.

На фиг.6 показан вид растения жеруха обыкновенная с частью главного стебля, лежащего под водой.

10 На фиг.7 показаны плотные чистые заросли на фитоплощадке растений жеруха обыкновенная.

На фиг.8 показан вид зарослей на фитоплощадке растений жеруха обыкновенная в период цветения растения в апреле и май месяце.

На фиг.9 показан выпуск сточных вод после доочистки в водные экосистемы.

15 Предложенный способ биоинженерной глубокой доочистки сточных вод иллюстрируется согласно следующим примерам.

Проведены натурные испытания способа. В качестве базового объекта были выбраны сточные воды из промышленной зоны г. Шахрисабза (Узбекистан), суточный объем поступления которых составляет $2200 \text{ м}^3/\text{сутки}$. Категория: хозяйственные-бытовые и производственные сточные воды, представляющие собой смесь стоков от мелких промышленных предприятий: текстильной, молочной, пищевой, аккумуляторных и гальванических цехов металлообрабатывающей промышленности.

Хозяйственно-бытовые сточные воды образуются в процессе жизнедеятельности работников промышленной зоны (туалетные, кухни, столовые, душевые, прачечные).

25 Сточные воды этих производств являются неоднородной системой с большим количеством плотных и жидких нерастворимых примесей. Прежде всего, это связано со сложными составами из различных технологических операций. Все вместе они представляют сложный «букет» нерастворимых минеральных и органических сильных загрязнений.

30 Все сточные воды после механической очистки в очистных сооружениях, транспортируются по закрытому трубопроводу на расстояние 2,5 км к месту спуска самотёком в резервуар биоинженерной площадки, содержащий водорослевый известняк горной породы, где сточные воды в режиме турбулентности нейтрализуют и насыщают кислородом, после чего сточные воды толщиной слоя $0,09 \pm 0,01$ метр самотеком направляют на проточную фитоплощадку оборудованной местности, выполненную с уклоном 0.003%, содержащую высаженные полуводные растения Жерухи обыкновенной, семейство (Brassicales), род (Nasturtium), порядка (Brassicaceae) с плотностью посадки 23 ± 2 ед/ м^2 площади.

40 Проверка качества сточных вод после предложенной глубокой доочистки показала соответствие требованиям санитарно-технических нормативов для сбрасываемых стоков. Следует отметить, что использование растения Жеруха обыкновенная позволяет практически полностью ликвидировать гнилостный запах сточных вод. Способ обеспечивает очищение стоков от минеральных и органических веществ, а также проводить обеззараживание, что обеспечивает повышение эффективности глубокой доочистки сточных вод при полном прохождении объема сточных вод в течение 2 суток в теплое время года.

Конкретный пример осуществления заявленного способа

45 В соответствии с разработанным способом сначала поток сточных вод после механической очистки в очистных сооружениях самотеком поступает в резервуар

биоинженерной площадки для нейтрализации и насыщения кислородом. Для достижения требуемых параметров нейтрализации и насыщения кислородом, экспериментальным путем установлена конструкция резервуара для суточного объема сточных вод объемом 2200 м³/сутки. Указанный резервуар представляет собой бассейн открытого типа

прямоугольной формы, на дне которого размещен слой из кусков водорослевого известняка Гиссарской горной породы толщиной не менее 1000 мм (фиг.1).

Опытным путем был установлен химический состав водорослевого известняка Гиссарской горной породы в %: SiO₂-5,2; TiO₂-0,05; Al₂O₃-0,8; Fe₂O₃+FeO-0,55; MnO-0,05; CaO-43,0; CO₂-41,5; MgO-8,0; K₂O-0,3; Na₂O-0,05; H₂O-0,75; P₂O₅-0,04; SO₃-0,04; S-0,08.

Сложная химическая структура водорослевого известняка обеспечивает высокую способность к ионному обмену, физической и химической сорбции, характеризуется термической стабильностью. Данный известняк устойчив к действию агрессивных сред в широком диапазоне рН, что важно поскольку производственные сточные воды характеризуются широким диапазоном концентраций металла и не исключены случаи залповых сбросов.

Входящие в состав водорослевого известняка 43,0% CaO и 41,5% CO₂ обеспечивают не только автоматическую стабилизацию значения рН сточных вод, но и высокую степень удаления тяжелых металлов из стоков за счёт образования практически нерастворимых основных карбонатов тяжелых металлов Me-CaCO₃-H₂O. Задержание тяжелых металлов на водорослевом известняке происходит по ионообменному механизму. Частицы водорослевого известняка имеют как положительные, так и отрицательные заряды на своей поверхности, благодаря чему являются универсальными осадителями дисперсных примесей из стоков, а также выполняют роль эффективного ионообменника благодаря развитой удельной поверхности.

В резервуаре создано постоянное движение сточных вод, которое обеспечивает перемешивание слоев сточных вод и дробление пузырьков воздуха (фиг.2). Эти процессы позволяют эффективно улучшить обогащение массы сточных вод растворенным кислородом. Оптимальные гидродинамические условия полного самотечного перемешивания потока сточной воды являются важнейшим условием успешного обогащения растворенным кислородом. При этом основное назначение быстрой турбулизации потока - как можно более полное и быстрое распределение растворенного кислорода в массе сточных вод. При высоких скоростях течения сточных вод, в начальном участке резервуара происходит нарушение сплошности свободной поверхности потока, она становится рыхлой и воздух захватывается в сточные воды. При проникновении пузырьков воздуха в сточную воду образуется зона течения водовоздушной смеси. Анализ экспериментальных результатов показал, что именно турбулентность течения, возникающего в резервуаре, может значительно изменять продольно-вертикальное распределение растворенного кислорода для поступления кислорода в более глубокие зоны резервуара. Активная зона насыщения кислородом сточных вод в резервуаре составляет от 95% до 98%. Оптимальная продолжительность пребывания в резервуаре с параметрами: длина 10000 мм, ширина 4500 мм, высота 1300 мм, сточных вод, суточный объем поступления которых составляет 2200 м³/сутки, скорость течения потока 1,3 м/с, составляет 45 минут, что обеспечивает нейтрализацию и насыщение сточных вод растворенным кислородом. На выходе из резервуара водородный показатель сточных вод составляет от 6,5 до 8,5 единиц рН, в то время как исходный водородный показатель сточных вод при поступлении в резервуар

составлял от 4 до 10 единиц рН.

Пробы, отобранные из резервуара до 12 часов дня, показали, что концентрация растворенного кислорода в хвостовой части резервуара увеличивается до $1,4 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$. Исходное количество растворенного кислорода при поступлении в резервуар составляло от 0,1 до $0,2 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$.

Также преимуществами использования водорослевого известняка в резервуаре является дешевизна процесса за счёт отсутствия потребности в электроэнергии, простоте строительства резервуара, отсутствие вторичного загрязнения очищаемых вод и практическое отсутствие необходимости в содержании эксплуатационного персонала.

Далее обогащенная кислородом и нейтрализованная сточная вода из резервуара самотеком поступает на проточную фитоплощадку биоинженерной площадки для контактирования с полуводным растением Жеруха обыкновенная.

Для достижения требуемого качества глубокой доочистки сточных вод объемом $2200 \text{ м}^3/\text{сутки}$ с помощью высаженных полуводных растений Жерухи обыкновенной, экспериментальным путем были определены параметры фитоплощадки оборудованной местности, которая представляет собой зону открытого типа с длиной 120 м, шириной 4 м, глубиной 0,6 м. Для обеспечения режима самотечного и безнапорного движения потока сточных вод со скоростью не более 0,01 м/с фитоплощадка выполнена с уклоном 0,003%. Очищаемые сточные воды проходят через зону корней и корневищ растений Жерухи обыкновенной. Высота слоя сточной воды при поступлении в зону проточной фитоплощадки составляет $0,09 \pm 0,01$ м, а в зарослях поднимается от 0,1 до 0,25 м.

Плотность посадки составляет 23 ± 2 ед/ м^2 площади, при этом длина стебля составляет от 0,25 до 0,35 м, со средней массой каждого растения от 350 до 400 грамм.

Посадки используемых растений проводили с помощью саженцев с корневищами вместе с материнским грунтом на подготовленной поверхности фитоплощадки ранней весной (фиг.3).

Установленная оптимальная допустимая нагрузка на $1,0 \text{ м}^2$ фитоплощадки составляет $1,1 \pm 0,1 \text{ м}^3/\text{сутки}$ сточных вод с учетом сырой массы растения, при условии, что посадки Жерухи обыкновенной занимают 95% процентов поверхности фитоучастка оборудованной местности (фиг.4).

Экспериментально установлено, что допустимые посуточные нагрузки количества доочищаемых сточных вод на 1 г фитомассы (сырой вес) составят $1,3 \cdot 10^{-4}$ литров. Следовательно, оптимальное количество высаживаемых растений на фитоплощадке размером в метрах $120 \times 4 \times 0,6$ составляет 45600 единиц.

Высаженные растения обладают устойчивостью к низким температурам, имеют продолжительный вегетационный период и не подвержены заболеваниям. Благодаря круглогодичной жизнедеятельности этих растений очистка сточных вод продолжается и зимой.

В ходе экспериментов было установлено, что заявляемые растения полупогруженные, укореняющиеся в грунте, обладают способностью развивать большое количество волосковых корневых систем (фиг.5), что способствует эффективному поглощению из водной среды химических загрязнителей, включая ионы тяжелых металлов, а также выполняет их трансформацию. При этом корневые волоски, выросты клеток эпиблемы, увеличивающие поверхность корня наземных растений, служат для поглощения из почвы воды и минеральных солей. Корневые волоски имеют тонкие целлюлозные

стенки, снаружи ослизнённые. Длина корневых волосков обычно 1-2 мм (у мятликовых и некоторых других до 3-10 мм). Живут большей частью несколько дней и отмирают на расстоянии 2-3 см от кончика корня (Сельское хозяйство. Большой энциклопедический словарь. - М.: Большая Российская энциклопедия. В. К. Месяц
 5 (главный редактор) и др. 1998) Во время вегетационного сезона в процессе доочистки сточных вод Жеруха обыкновенная размножается корневищами и образует плотные чистые заросли (фиг.7, 8). Это свидетельствует о наличии благоприятных условий, которые определяют значительное развитие растений. Интенсификация процесса доочистки происходит за счет высокой скорости размножения и большой рабочей
 10 площади вегетативных органов этих растений. В зарослях Жерухи обыкновенной наблюдается среднегодовой рост главного стебля растения от 1,2 до 1,5 м, и с приростом биомассы одного растения от 350 до 400 г. Часть стеблей, лежащая под водой, составляет от 0,6 до 0,7 м (фиг.6), которые тонкими длинными корнями образуют развитый каркас, дополнительно скрепляющий почву, остальные части стеблей приподнимающиеся.
 15 Стебли, частично лежащие под водой, имеют узлы на расстоянии от 0,1 до 0,12 м, из которых растут членистые волосковые корневища с пучками от 0,12 до 0,15 м, прикрепляющиеся на донный грунт, которой способствует удерживанию растения на воде и аэрации почвы. Стебли растений пористые трубчатые с наружным диаметром $d_{нар}$ =от 35,0 до 40,0 мм, и внутренним диаметром $d_{внутр}$ =от 10,0 до 12,0 мм. Благодаря
 20 значительной поверхности стеблей обеспечивается большой объем поступления сточных вод в растение.

Натурные опыты в указанных условиях показывают, что каждое растение имеют от 280 до 320 единиц листьев. Каждый стебель имеет ветви в количестве от 25 до 30
 25 единиц, с листьями в количестве от 11 до 13 единиц. Одно из основных положительных качеств заявляемого вида растений заключается в том, что нижние листья в количестве 40-50 единиц, постоянно окружены активным движением течения потока сточных вод, благодаря чему поток непрерывно перемешивается, очищаемые сточные воды поглощают новые порции из субстрата, что обогащает воды растворенным кислородом,
 30 способствует увеличению скорости поступления питания и кислорода к микроорганизмам. Верхние листья растений испаряют поглощенные сточные воды, тем самым выполняя функцию насоса, выкачивающего из почвы при помощи корней через трубчатые стебли сточные воды с растворенными в ней веществами.

У заявляемого вида полупогруженных высших водных растений Жерухи обыкновенной (семейство Brassicales, род *Nasturtium*, порядка Brassicaceae) процесс
 35 фотосинтеза и химизм поглощения воды выше по сравнению с растениями, используемыми в прототипе. Благодаря этому значительно усиливаются биологические и чисто химические процессы на фитоплощадке, связанные с разложением и минерализацией органических веществ.

В ходе экспериментов было установлено, что листья являются одними из важных
 40 органов этого вида растений, поскольку в них накапливается наибольшее количество веществ. Средняя поверхность площади каждого листа составляет 561 мм^2 , поглощенного CO_2 в мг за час на 1 дм^2 площади листьев составляет $4 \cdot 10^{-7} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{сек}$. Углекислый газ основной источник углеродного питания водных растений. Избыточное
 45 количество углекислого газа в водных средах связывается в реакциях карбонатами кальция и магния. В подвижных равновесиях углекислотно - кальциевой системы, соли кальция выпадают в осадок. При интенсивном потреблении углекислоты бикарбонатов из сточных вод растения выделяют эквивалентное количество $\text{Ca}(\text{OH})_2$, который на

месте своего образования на листьях, ветках и стеблях растений осаждаются. Эти участки способны накапливать ионы тяжелых металлов, в виде труднорастворимых гидроксидов из стоков, в результате происходит дополнительно процесс нейтрализации и на выходе биоинженерной площадки перед сбросом величина водородного показателя рН
5 показывает от 6,5 до 7,5. В этом процессе также большую роль играет фотосинтез, усиливающий чисто химические реакции и насыщение кислородом водной среды при заявленной скорости очищаемых сточных вод, которые в своем гидродинамическом движении медленно пропитывают нижние листья растений.

10 Результаты наблюдения показали, что в густой заросли растений, покрывающих всей поверхностью доочищаемые воды, создаются защитные условия, способствующие повышенной эффективности осаждения механических примесей и крупных взвешенных веществ за счет низкой скорости течения.

В результате исследований установлено, что толщина илистых отложений фитоплощадки за год достигает до 0,6 м.

15 Выявлено, что применяемые полуводные высшие водные растения подавляют рост и развитие болезнетворных микроорганизмов и бактерий. Заросли затеняют нижележащие слои доочищаемых вод, создавая неблагоприятные условия для жизнедеятельности сине-зеленых водорослей и образования первичной продукции фитопланктона. В процессе метаболизма полупогруженные растения Жерухи
20 обыкновенной выделяют в среду активные вещества типа фитонцидов и антибиотиков, что способствует обеззараживанию воды и повышает устойчивость растений против бактериальных и грибковых болезней. Следовательно, для последующего использования воды не требуется дополнительного обеззараживания, что подтверждают сравнительные
25 данные, полученные при измерении показателей качества сточных вод при поступлении на биоинженерную площадку и на выходе, приведенные в таблице 1 «Эффективность биоинженерной глубокой доочистки сточных вод».

Таблица 1

Эффективность биоинженерной глубокой доочистки сточных вод

Показатели	Единица измерения	На входе биоинженерной площадки	На выходе биоинженерной площадки
Водородный показатель	ед. рН	4-10	6,5-7,5
Цвет		темный	-
Взвешенные вещества	мг/дм ³	1200-1500	0,24
35 СПАВ	мг/дм ³	25-30	0,2
БПК _{полн}	мгО ₂ /дм ³	260-290	2,0
ХПК	мгО ₂ /дм ³	600-800	13,0
Азот общий	мг/дм ³	25-30	0,3
Фосфаты	мг/дм ³	6	0,02
40 Сульфаты	мг/дм ³	168	30
Хлориды	мг/дм ³	486	250
нефтепродукты	мг/дм ³	30-40	0,03
Запах (при 20°С)*	балл	5	1
Растворенный кислород	мгО ₂ /дм ³	0,1	4,0-4,5
45 Интенсивность окраски по разбавление *	балл	1:600	1:10
Коли индекс	Кл./л	1000-1100	25-30

*МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ,

ЗАПАХА, ОКРАСКИ (ЦВЕТА) И ПРОЗРАЧНОСТИ В СТОЧНЫХ ВОДАХ, В ТОМ ЧИСЛЕ ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ, ЛИВНЕВЫХ И ТАЛЫХ» ПНД Ф 12.16.1-10.

Вышеуказанные показатели качества глубокой доочистки вод удовлетворяют требованиям санитарно-технических нормативов для сбрасываемых стоков. Следует отметить, что использование растения Жеруха обыкновенная позволяет практически ликвидировать гнилостный запах сточных вод.

В результате предложенный способ обеспечивает повышение эффективности глубокой доочистки сточных вод от минеральных и органических веществ, а также обеззараживание при полном прохождении через биоинженерную площадку сточных вод объемом $2200 \text{ м}^3/\text{сутки}$ в течение 2 суток.

Растения Жерухи обыкновенной имеют декоративный вид, особенно в период цветения в апреле и мае, и легко интегрируются в природный ландшафт.

Результаты экспериментов свидетельствуют, что предложенный способ биоинженерной глубокой доочистки сточных вод может быть использован в составе комплекса очистных сооружений в местах выпуска сточных вод. Преимуществом предложенного способа является экологическая чистота и безопасность, а также доступность, простота, надежность и экономичность в процессе реализации способа, не ограниченного сроком эксплуатации.

Таким образом, заявляемый способ биоинженерной глубокой доочистки сточных вод позволяет решить поставленную техническую задачу - повышение качества доочищенных вод за счет очистки стоков от минеральных и органических веществ и обеззараживания, что позволяет привести их в соответствие требованиям санитарно-технических нормативов для сбрасываемых стоков при полном прохождении объема сточных вод через биоинженерную площадку в течение 2 суток. Способ является эффективным, энергоресурсосберегающим, доступным и экологически безопасным для реализации глубокой доочистки сложных многокомпонентных сточных вод перед сбросом их в водную экосистему. Служит основой для создания безотходных экологически чистых зеленых технологий и помогает решению проблемы охраны поверхностных водных источников.

(57) Формула изобретения

Способ биоинженерной глубокой доочистки сточных вод, включающий использование в проточных условиях посадок высшей водной растительности, высаженных на участке оборудованной местности, отличающийся тем, что после механической очистки сточные воды направляют на биоинженерную площадку, сначала в резервуар, содержащий водорослевый известняк горной породы, где сточные воды в режиме турбулентности нейтрализуют и насыщают кислородом, после чего сточные воды толщиной слоя $0,09 \pm 0,01$ метра самотеком направляют на проточную фитоплощадку оборудованной местности, содержащую высаженные полуводные растения Жерухи обыкновенной, с плотностью посадки $23 \pm 2 \text{ ед}/\text{м}^2$ площади.

1



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг.3

2



Фиг.4



Фиг.5



Фиг.6



Фиг.7



Фиг.8



Фиг.9