



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 061 663** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК⁶ **C 02 F 3/32**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 93040890/13, 10.08.1993

(46) Дата публикации: 10.06.1996

(71) Заявитель:

Научно-исследовательский и
проектно-конструкторский институт охраны
окружающей среды в угольной
промышленности

(72) Изобретатель: Золотухин И.А.,
Балахонова Е.А.

(73) Патентообладатель:

Научно-исследовательский и
проектно-конструкторский институт охраны
окружающей среды в угольной
промышленности

(54) СПОСОБ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

(57) Реферат:

Использование: для очистки бытовых и
промышленных сточных вод, а также стоков
животноводческих комплексов. Сущность
применения: эффективность очистки
достигается путем контакта очищаемых
сточных вод с корневой системой одного из

видов сухопутных растений, способных
развивать большую адсорбирующую
поверхность, например, тополя черного,
зебрины висячей, гибискуса китайского,
причем в зависимости от вида растений
количество сырой массы корней составляет
3,3-18 кг/м³ обрабатываемой воды. 2 табл.

RU 2 0 6 1 6 6 3 C 1

RU 2 0 6 1 6 6 3 C 1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 061 663** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) Int. Cl.⁶ **C 02 F 3/32**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 93040890/13, 10.08.1993

(46) Date of publication: 10.06.1996

(71) Applicant:
Nauchno-issledovatel'skij i
proektno-konstruktorskij institut okhrany
okruzhajushchej sredy v ugol'noj promyshlennosti

(72) Inventor: Zolotukhin I.A.,
Balakhonova E.A.

(73) Proprietor:
Nauchno-issledovatel'skij i
proektno-konstruktorskij institut okhrany
okruzhajushchej sredy v ugol'noj promyshlennosti

(54) **METHOD OF BIOLOGICAL TREATMENT OF SEWAGE**

(57) Abstract:

FIELD: sewage treatment. SUBSTANCE:
method involves the contact of sewage to be
treated with root system of plant showing
high absorbing capacity, for example, black
poplar, Zebrina pendula, Chinese hibiscus.

Depending on species plant used amount of
wet root mass is 3.3-18 kg/cub.m treated
water. Method is used for treatment of
domestic, industrial and cattle breeding
complex sewage. EFFECT: enhanced
effectiveness of treatment. 3 tbl

RU 2 0 6 1 6 6 3 C 1

RU 2 0 6 1 6 6 3 C 1

Изобретение относится к способам очистки сточных вод с помощью высших растений и может быть использовано для очистки промышленных и бытовых сточных вод, а также стоков животноводческих комплексов.

Известен способ биологической очистки сточных вод путем биоокисления органических загрязнений гетеротрофными микроорганизмами активного ила в аэротенках или биофильтрах с последующей доочисткой во вторичных отстойниках. (а.с. NN 1301790, 1444305, кл.С 02 F 3/32).

Недостатками этого способа являются неполное осаждение в отстойнике активного ила и вынос части активного ила с очищенной водой, а также вынос части минерализованного азота и фосфора, переведенных микроорганизмами из нерастворимой органической в растворимую минеральную форму. Кроме того, указанный биологический способ не может быть применен, для очистки сточных вод с низким содержанием органических веществ и сточных вод не содержащих органических загрязнений таких, например, как сточные воды горно-добывающих предприятий и предприятий по производству стройматериалов.

Указанные недостатки устраняются применением биологических способов, использующих в качестве очищающих систем сооружения с высшими растениями в виде ботанических площадок, канав, каналов, водотоков, отстойников и других различных резервуаров, засаженных высшими водными растениями. Высшие водные растения для своего развития не нуждаются в готовых органических соединениях, а синтезируют их из минеральных веществ, поглощаемых из окружающей среды. Адсорбция и поглощение загрязнения высшими растениями осуществляется за счет развивающейся большой адсорбирующей поверхности, большая часть которой приходится на корневые системы. Поэтому наилучшим эффектом очистки обладают очистные сооружения с высшими растениями, корневые системы которых размещаются свободно висящими в толще обрабатываемой воды. Изобретениями, использующими такое решение, являются заявки Японии 62-2787, 62-28719, 62-28720; ЕПВ 0243678; ГДР 277905; РСТ (WO) 90/11255; а.с. СССР 1346588.

В перечисленных изобретениях, как правило, используются различные виды водно-болотных растений таких, например, как тростник обыкновенный *Phragmites australis* L камыш озерный *Scirpus Lacustris* L и др.

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.

Недостаток сезонности работы очистных сооружений устраняется в способе по а.с. СССР 1719320, кл. СО 2 F 3/32, являющимся наиболее близким по решению к заявляемому способу и принятый в качестве прототипа.

По прототипу сооружение для очистки

воды представляет собой канал, размещенный в здании оранжерейного типа со стенами и крышей из светопропускаемых материалов. Размещение канала в здании позволяет обеспечить относительно равномерный температурный режим вегетации растений в течение всего года. Канал, по которому протекает очищаемая сточная вода, содержит в верхней части сетки из инертного материала, погруженные в воду, на которые высаживаются тропическое многолетнее вечнозеленое болотное растение циперус очереднолистный *Cyperus alternifolius* Z Корни циперуса прорастают сквозь ячейки сетки и заполняют водный объем канала. Корни своей поверхностью активно поглощают необходимые растению, растворенные в воде, компоненты, а также способствуют формированию на высокоразвитой поверхности микробиологического сообщества, которое за счет своей биохимической активности обеспечивает дополнительное поглощение и разложение загрязняющих воду компонентов, выполняя таким образом функцию активного ила.

Основным недостатком этого способа, также как и других способов с использованием болотных растений, является то, что все виды растений, экологически адаптированные к условиям развития корневых систем в воде или при постоянно высокой влажности в области ризосферы (гидрофиты) не обладают способностью развивать относительно большую корневую поверхность, величина которой, в первую очередь, и определяет эффективность поглощения загрязнений.

Задача изобретения повышение эффективности процесса очистки сточных вод. Доставленная задача решается путем контакта в проточных условиях очищаемых сточных вод с корневой системой одного из нижеперечисленных видов сухопутных растений (мезофитов): тополь черный *Populus nigral*, зебрина висячая *Zebrina pendula* Schil, гибискус китайский *Hibiscus zosa sinensis* L, махорка *Nicotiana rustica* L., руэлия прекрасная *Ruellia formosa* Andr., фикус вишнелистный *Ficus cerasuifillum* L., гинура золотая *Gynura aurantica* (Bl.) DC., пейреския комочная *Peireskia aculeata* Mill, причем в зависимости от вида растения количество сырой массы корней составляет 3,3-18 кг/м³ обрабатываемой воды.

Способностью развивать относительно большую адсорбирующую поверхность обладают многие сухопутные растения, произрастающие на почвах с умеренной влажностью. Недостаточно высокая обеспеченность растений водой является стимулирующим фактором, благодаря которому в течение длительной эволюции выработалась способность максимально развивать корневые системы, создавая большую поглощающую поверхность. Использование более развитых корневых систем мезофитов способствует устранению недостатка, которым обладают гидрофиты, и обеспечивает более высокий эффект очистки воды. Предлагаемые для использования виды были установлены путем проведения специальных экспериментов по выращиванию сухопутных растений (мезофитов) методом водной культуры. В результате проведенных

исследований были выявлены виды мезофитов, способные развить в водной среде корневые системы, которые по адсорбирующей способности не уступали или превосходили корневые системы используемого в прототипе циперуса очереднолистного, выращенного в этих же условиях. Такими свойствами обладали следующие виды тополь черный **Populus nigra L.**, **зебрина висьячая** **Zebrina pendula Schizl.**, **гибискус китайский** **Hibiscus rosa sinensis L.**, **махорка** **Nicotiana rustica L.**, **руэлия прекрасная** **Ruellia formosa Andr.**, **фикус вишнелистный** **Ficus cerasuifillum L.**, **гинюра золотая** **Gynura aurantica (Bl.) DC.**, **пейреския комочая** **Peireskia aculeata Mill.**

Способ осуществляют следующим образом. Сточные воды, загрязненные органикой и прошедшие биологическую очистку в аэротенках и вторичных отстойниках, или минерализованные сточные воды, например, шахтные или карьерные воды с предварительным отстаиванием, или без него подаются в резервуар, объем которого определяется из расчета пребывания в нем очищаемой воды 2-4 часа. Резервуар располагается в здании оранжерейного типа с прозрачными стенами и крышей, что обеспечивает хорошую освещенность. При недостаточной освещенности дополнительно используется искусственное освещение. Температурный режим поддерживается в зависимости от сезона года и выбранного вида растения в пределах 15-30°C. На уровне поверхности воды в резервуаре устанавливаются пластмассовые решетки, на которые высаживаются черенки, отводки или проростки одного из перечисленных выше видов растений. В резервуаре поддерживается постоянный ток воды со скоростью, обеспечивающей заданное время очистки. В течение наращивания массы корневых систем периодически через установленные промежутки времени, например, 1 раз в месяц контролируется эффект очистки воды по одному из основных показателей, например, по БПК или концентрации взвешенных веществ. По мере нарастания массы и увеличения поверхности корневых систем в течение нескольких месяцев наблюдается увеличение эффекта очистки с постепенным достижением максимальной в данных условиях величины. После достижения максимального устойчивого эффекта при последующей длительной эксплуатации постоянно нарастающая зеленая масса надводных частей растений периодически удаляется в количестве, соответствующем приросту и утилизируется предварительно установленным способом в зависимости от вида выбранного растения и свойств образующейся биомассы.

Возможны следующие пути утилизации: использование в качестве корма для скота, птицы, в рыбноводном хозяйстве; использование в качестве зеленого удобрения или удобрения после предварительного компостирования, использование в качестве биотоплива при

ображивании с утилизацией тепла для собственных нужд очистных сооружений, использование после сушки в качестве обычного горючего материала. Возможны и другие более сложные пути утилизации, такие как выработка биологически активных веществ, использование в качестве промышленного сырья и т.д.

Пример 1. На экспериментальной установке в лабораторных условиях очищали имитат карьерной воды, полученный размешиванием мелкодисперсных глинистых частиц в водопроводной воде. Экспериментальная установка представляла собой набор стеклянных емкостей вместимостью 1,5 дм³ каждая. Каждая емкость была оборудована аэролифтной системой, обеспечивающей постоянную аэрацию и циркуляцию воды. В каждую емкость высаживали черенок или полученный из семени проросток одного из подготовленных к исследованию видов растений, в том числе и вид циперус очереднолистный, используемый в прототипе. Перечень видов представлен в табл.1.

Растения культивировали на водопроводной воде в течение -ми месяцев с целью получения развитых корневых систем при замене воды 1 раз в неделю. Дополнительно к естественному комнатному освещению использовалось освещение люминисцентными лампами дневного света 16 ч/сутки. Максимальная освещенность на уровне верхнего края емкостей находилась в пределах 2-3 тыс.лк. Первые три месяца вегетации в воду добавляли азотные, фосфорные и калийные удобрения в количествах, рекомендуемых при выращивании растений методом водных культур. Температура воздуха и воды в течение периода наращивания корневой массы находилась в пределах 15-30°C.

После истечения указанного срока вегетации были проведены эксперименты по оценке поглощающей способности развившихся корневых систем. Поглощающую способность оценивали по степени снижения концентрации глинистых частиц.

Эксперимент проводили следующим образом.

В каждом сосуде устанавливается строго одинаковый расход воздуха 100 см³/мин, обеспечивающий среднюю скорость движения воды 10 м/с. Воду из сосудов сливали и в каждый сосуд заливали глинистую суспензию с исходным содержанием взвешенных веществ 500 мг/дм³. Через 30, 60, 90 и 120 мин после заливки из каждого сосуда отбирали пробу воды и измеряли концентрацию твердой фазы фотоэлектрическим методом с помощью фотоколориметра КФК-2 по предварительно построенным градуировочным кривым. Был также проведен контрольный эксперимент по осветлению глинистой суспензии методом отстаивания в покое в емкости без корневых систем. Результаты, представленные в табл.1, показывают, что независимо от продолжительности обработки воды в течение 30, 60, 90 и 120 мин эффект удаления взвешенных веществ корневыми системами заявляемых видов растений в подавляющем большинстве случаев превосходит эффект циперуса очереднолистного, взятого за прототип.

После проведения экспериментов корневая система каждого растения была отмыта от осадка и методом Сабинина-Колосова изморен объем корней. Результаты представлены в табл.1. Принимая плотность тканей корня приблизительно 1 г/см^3 , можно заключить, что масса корней во время опытов находилась в пределах от 5 до 27 г на сосуд или $3,3\text{-}16 \text{ г/дм}^3$ обрабатываемой воды.

Пример 2. После наращивания массы корневых систем по методике, изложенной в примере 1, в емкостях производили очистку воды от микроэлементов следующим образом.

В каждую емкость с корневой системой заливали водопроводную воду искусственно загрязненную микроэлементами, перечень которых представлен в табл. 2. Микроэлементы вводили в воду в виде растворимых солей из расчета концентрации каждого элемента 1 мг/дм^3 с последующим аналитическим определением фактической концентрации каждого элемента. Залитая вода принудительно циркулировала через корневые системы за счет работы аэролифтных азраторов. Через 4 часа работы в режиме постоянной циркуляции из каждой емкости отбирали пробу воды и определяли остаточную концентрацию микроэлементов.

Концентрацию микроэлементов в исходной и очищенной воде определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. По результатам измерений рассчитывали эффект удаления каждого элемента.

5 Из результатов, представленных в табл. 2, следует, что эффективность удаления каждого из 4-х исследованных микроэлементов с помощью корневых систем заявляемых видов растений превышает 10 эффективность их удаления в присутствии корневой системы прототипа. TTT1 TTT2 TTT3

Формула изобретения:

15 Способ биологической очистки сточных вод, включающий их контакт с корневой системой высших растений в проточных условиях, отличающийся тем, что в качестве высших растений используют сухопутные растения одного из перечисленных видов: 20 тополь черный *Populus nigra* L. зебрина висячая *Zebrina pendula* Schizl, рибискус китайский *Hibiscus rosa sinensis* L. махорка *Nicotiana rustika* L, руэлия прекрасная *Ruellia formosa* Andr. фикус вишнелистный *Ficus cerasuifillum* L. гинупа золотая *Gynura aurantica* (BL). DC. пейреския комочая *Peireskia aculeata* Mill. в количестве $3,3 \text{ кг/м}^3$ 25 сырой массы корней в зависимости от вида растений.

30

35

40

45

50

55

60

RU 2061663 C1

RU 2061663 C1

Таблица I

Результаты осветления воды корневыми системами

Вариант обработки	Объем корней, см ³	Продолжительность очистки, мин									
		30			60			90			120
		мг/дм ³	эффект, %	мг/дм ³	эффект, %	мг/дм ³	эффект, %	мг/дм ³	эффект, %	мг/дм ³	эффект, %
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1. Циперус очереднолистный (по прототипу)	16	250	50,0	185	63,0	125	75,0	83	83,4		
2. Тополь черный	14	255	49,0	160	68,0	105	79,0	71	85,6		
3. Зебрина вислая	5	245	51,0	185	63,0	100	80,0	68	86,4		
4. Махорка	21	230	54,0	180	64,0	105	79,0	50	90,0		
5. Гибискус китайский	15	195	61,0	110	78,0	71	85,8	48	90,4		
6. Руэлия прекрасная	17	180	64,0	102	79,6	62	87,6	45	91,0		
7. Фикус вишнелистный	23	200	60,0	102	79,6	68	86,4	42	91,6		

10 8991902 ПЯ

Продолжение таблицы I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8. Гинура золотая	25	195	61,0	140	72,0	60	88,0	40	92,0
9. Лейреския комочая	27	110	78,0	42	91,6	21	95,8	11	97,8
10. Отстаивание в покое (контроль)	-	345	31,0	245	51,0	200	60,0	167	66,7

ф

RU 2061663 C1

Таблица 2

Эффективность очистки воды корневыми системами от микроэлементов

Элемент	Cu	Zn	Cd	Co	Средний эффект очистки по всем элементам, %
Исходная концентрация, мг/дм ³	0,70	1,35	1,07	0,66	
Циперус очереднолистный (прототип)	94,3	74,8	68,2	37,9	68,8
Тополь черный	95,6	80,0	68,2	39,4	70,8
Вейник наземный	95,1	84,4	84,1	37,9	75,4
Гинура золотая	95,1	80,0	72,0	41,0	72,0
Зебрина висячая	95,6	81,5	72,0	41,0	72,5
Фикус вишнелистный	96,0	77,0	71,0	51,5	73,9
Пейреския комочая	95,7	85,2	82,2	50,0	78,3
Махорка	95,9	86,7	79,4	56,1	79,5

% Эффект очистки