



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 130 898** <sup>(13)</sup> **C1**  
(51) МПК<sup>6</sup> **C 02 F 1/46, 1/48**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 97119144/25, 27.11.1997

(46) Опубликовано: 27.05.1999

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2043970 C1, 20.09.95. RU 94007388 A1, 10.01.96. RU 2043306 C1, 10.09.95. RU 95105498 A1, 10.01.97. RU 2036847 C1, 09.06.95. RU 94012406 A1, 10.01.96. SU 436232 A, 28.07.72. SU 389030 A, 25.06.77. EP 0060193 A, 15.09.82. US 4755305 A, 05.07.88. FR 2288060 A1, 18.06.76.

Адрес для переписки:

117321, Москва, Профсоюзная ул.130, корп.2,  
кв.280, Пискареву Игорю Михайловичу

(71) Заявитель(и):

Пискарев Игорь Михайлович,  
Пискарев Владимир Игоревич

(72) Автор(ы):

Пискарев И.М.,  
Пискарев В.И.

(73) Патентообладатель(ли):

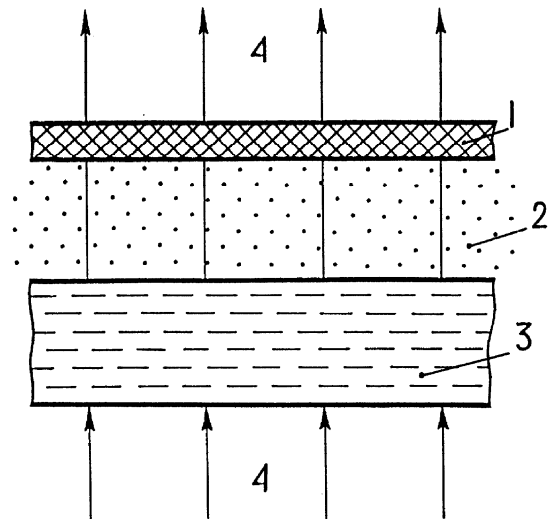
Пискарев Игорь Михайлович,  
Пискарев Владимир Игоревич

## (54) СПОСОБ ОЧИСТКИ ВОДЫ

(57) Реферат:

Изобретение предназначено для очистки и обеззараживания воды (питьевой, сточной и др.) и может быть использовано на промышленных предприятиях, в сельском хозяйстве, медицинских, специальных учреждениях и в быту. Очистка воды происходит под воздействием постоянного электрического поля на объем обрабатываемой жидкости и слой газа, расположенного над ней, при импульсном характере изменения плотности тока в пределах 0,01 - 1,0 мА/см<sup>2</sup> в зависимости от концентрации примеси в воде. Напряженность электрического поля меняют в пределах от 10 до 30 кВ/см, а инициирование электрического тока в газе, в качестве которого используют кислород или воздух, осуществляют импульсным электрическим разрядом, пучком ускоренных электронов и пучком ионизирующего фотонного излучения. В результате осуществления способа повышается эффективность очистки воды, уменьшаются энергозатраты при упрощении процесса очистки

воды. 9 з.п.ф-лы, 2 табл., 3 ил.



Фиг. 1



RUSSIAN AGENCY  
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 130 898** <sup>(13)</sup> **C1**  
(51) Int. Cl.<sup>6</sup> **C 02 F 1/46, 1/48**

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **97119144/25, 27.11.1997**

(46) Date of publication: **27.05.1999**

Mail address:

**117321, Moskva, Profsojuznaja ul.130,  
korp.2, kv.280, Piskarevu Igorju Mikhajlovichu**

(71) Applicant(s):

**Piskarev Igor' Mikhajlovich,  
Piskarev Vladimir Igorevich**

(72) Inventor(s):

**Piskarev I.M.,  
Piskarev V.I.**

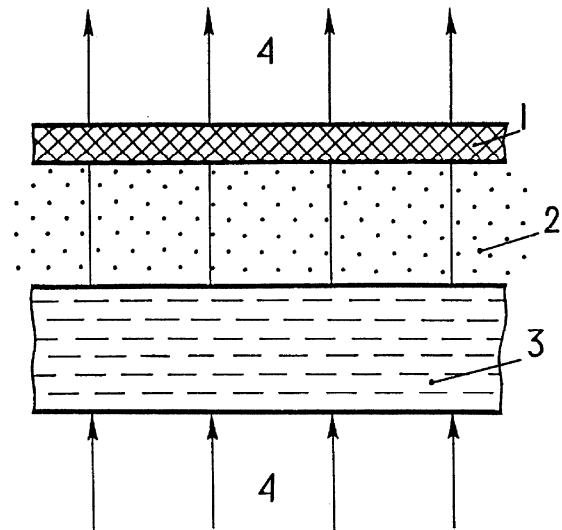
(73) Proprietor(s):

**Piskarev Igor' Mikhajlovich,  
Piskarev Vladimir Igorevich**

(54) **WATER CLEANING METHOD**

(57) Abstract:

FIELD: cleaning and disinfection of drinking and sewage water, possibly in industrial plants, in agriculture, in medical, other special organizations and at home. SUBSTANCE: water is cleaned by action of direct electric current field upon mass of treated liquid and gas layer arranged under liquid at pulse-type change of electric current density in range 0.01-1.0 mA/sq.cm in dependence upon concentration of additives in water. Intensity of electric current field is changed in range 10-30 kV/cm. Electric current is initiated in gas (oxygen or air) by means of pulse electric discharge, accelerated electron beams or ionizing photon irradiation. EFFECT: enhanced efficiency of water cleaning, lowered energy consumption and simplified water cleaning process. 10 cl, 2 tbl, 3 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к области очистки и обеззараживания воды (питьевой, сточной и др.) и может быть использовано на промышленных предприятиях, в сельском хозяйстве, медицинских учреждениях и в быту.

Известен способ обеззараживания жидкости, включающий обработку высоковольтным разрядом, создаваемым над поверхностью жидкости [1].

Недостатком этого способа является низкая эффективность и неэкономичность. Кроме того, отсутствует безопасность работы известным способом.

Известно устройство стерилизации воды [2], содержащее источник электрической энергии, два электрода, резервуар с входным и выходным коллекторами, диэлектрический слой и газовый промежуток. Рассматриваемое устройство обеспечивает генерацию ультрафиолетового излучения бактерицидного диапазона, воздействие которого на жидкую среду приводит к гибели в ней микроорганизмов, вирусов и т.д. Однако эффективность данного процесса недостаточна, поскольку значительная часть энергии поглощается в промежуточных элементах, обеспечивающих защиту ультрафиолетовой лампы от разрушения.

Известен способ очистки сточных вод [3], наиболее близкий к предлагаемому, заключающийся в том, что обработку воды осуществляют электрическим разрядом с помощью электродов в непрерывном режиме с использованием тлеющего разряда напряжением 0,5 - 2,0 кВ и силой тока 50 - 150 мА при толщине слоя обрабатываемой жидкости 1,6 - 100 мм и температуре ниже температуры обрабатываемой воды.

Недостатком известного способа очистки воды является высокие энергозатраты, низкая надежность способа при разложении химически стойких соединений и усложненный процесс очистки.

Основные задачи, которые решает предлагаемое изобретение, - повышение эффективности очистки воды, уменьшение энергозатрат, повышение надежности и упрощение процесса очистки воды.

Поставленные задачи решаются тем, что в известном способе очистки воды, заключающемся в воздействии электрическим полем на объем обрабатываемой жидкости и слой газа, расположенный над ним, создают постоянное электрическое поле при импульсном характере изменения плотности тока, напряженность электрического поля меняют в пределах от 10 до 30 кВ/см, а плотность тока изменяют в пределах от 0,1 до 1 мА/см<sup>2</sup> в зависимости от концентрации примеси в воде при соблюдении условия:

$$[R^*] \ll A[B] \frac{k_1}{k_2}, \quad (1)$$

где  $R^*$  - активные радикалы, моль/см<sup>3</sup>,  
 A - толщина активного слоя жидкости, A = 0,05 мм,  
 B - концентрация примеси, моль/л,  
 $k_1$  и  $k_2$  - константы реакции.

При этом газовая полость имеет такие размеры, что отношение полной поверхности газовой полости  $S_p$  к поверхности жидкости  $S_{ж}$  заключено в пределах:

$$\frac{1}{2} \leq \frac{S_{ж}}{S_p} \leq \frac{1}{4}. \quad (2)$$

Толщина обрабатываемого слоя жидкости заключена в пределах от 1 до 100 мм, при этом наиболее эффективная толщина обработки составляет 20 мм.

Кроме того, инициирование электрического тока в газе осуществляют импульсным электрическим разрядом, пучком ускоренных электронов, пучком ионизирующего фотонного излучения (рентгеновского или ультрафиолетового), а слой газа создают из кислорода или воздуха.

Краткое описание чертежей, поясняющих осуществление предлагаемого способа очистки воды.

Фиг. 1 - схема осуществления способа очистки воды при безэлектродной электрохимической реакции.

Фиг. 2 - блок-схема установки для осуществления способа очистки воды при инициировании реакции электрическим разрядом.

Фиг. 3 - схема осуществления способа очистки воды при ионизировании реакции пучком ускоренных электронов.

5 Лучший вариант осуществления изобретения.

Предложенный способ очистки жидкости заключается в новом подходе к инициированию реакции в жидкости с использованием активных частиц, образующихся в газовой фазе, основанный на том, что используют электрический разряд при импульсном характере изменения плотности тока, при высокой напряженности электрического поля и малой  
10 плотности тока. При этом создают условия, когда происходит воздействие электрического поля в самой жидкости. Такой вид реакций, иницируемых в этих условиях, назван безэлектродным (фиг. 1). Для осуществления безэлектродной электрохимической реакции использованы источник ионизации 1, слой газа 2, очищаемая жидкость 3 и электрическое поле 4, действующее как в газовой фазе, так и в жидкости. Сама реакция происходит в  
15 тонком поверхностном слое жидкости, где электродов нет, поэтому реакция была названа безэлектродной. Область ионизации создана электрическим разрядом или пучком ускоренных электронов. Блок-схема экспериментальной установки при инициировании реакции электрическим разрядом представлена на фиг. 2. Очистку воды осуществляют в сосуде 5 с площадью основания  $10 \text{ см}^2$ , высота сосуда до уровня пробки составляла 36  
20 мм. Через отверстие в дне сосуда вводился электрод из платиновой проволоки 6 диаметром 0,2 мм, имеющий контакт с жидкостью 3. Сосуд 5 закрывают тefлоновой пробкой 7, имеющей отверстия для ввода разрядного электрода 8, расположенного над поверхностью жидкости, и двух стеклянных трубок 9 и 10 для продува воздуха. Продув воздуха осуществляют для поддержания постоянного состава газа. Скорость продува  
25 составляла  $\approx 0,5 \text{ см}^3/\text{мин}$ . Толщину слоя жидкости в сосуде меняли от 5 до 30 мм. На электроды через балластное сопротивление 11, включенное в цепь разрядного электрода 8, подавалось напряжение от источника энергии 12 до 14 кВ. Величина среднего тока измерялась при помощи миллиамперметра (на фиг. 2 не показан), включенного в цепи контактного электрода 6. Для наблюдения формы тока разряда в цепи контактного  
30 электрода включался делитель на сопротивлениях 14, 15 и осциллограф 16. При осуществлении реакции делители 14, 15 отключались и контактный электрод 6 соединялся с землей через миллиамперметр.

На фиг. 3 представлена схема очистки воды при инициировании реакции пучком ускоренных электронов 17. Реакционная камера представляла собой ванну 18 с  
35 внутренними размерами 80 - 120 мм<sup>2</sup> и глубиной 28 мм. Боковые стенки ванны изготавливали из изоляционного материала, например, оргстекла 19. Дно камеры было изготовлено из нержавеющей стали 20, покрытой платиновой чернью. Верхняя крышка камеры - также из нержавеющей стали. Окно для ввода пучка размерами 70x180  
40 мм<sup>2</sup> сделано в верхней крышке и закрыто сеткой 21 из стальной проволоки диаметром 0,4 мм с ячейками размером 3x3 мм<sup>2</sup>. Размеры окна были выбраны так, чтобы исключить прямое попадание пучка 17 на стенки ванны 18. На верхнюю и нижнюю крышки реакционной камеры подавалось напряжение 2,6 кВ от источника питания 22, плюс на дно,  
минус на верхнюю крышку 1 с сеткой 21.

45 Пучок электронов 17 с максимальной энергией 200 кэВ при плотности тока 2 мкА/см<sup>2</sup> (полный ток на площадь окна реакционного сосуда 0,25 мА) попадал на поверхность жидкости 3 через сетку 21. В качестве источника электронов использовался пучковый процессор электронов фирмы ТЕКРА, обеспечивающий однородный поток электронов по всей поверхности окна без сканирования пучка. Во время данного  
50 эксперимента высоковольтное питание ускорителя 22 было импульсным, от однополупериодного выпрямителя, форма напряжения соответствовала полуволне синусоида переменного тока частотой 50 Гц с амплитудой 200 кВ. Фактическая энергия, поглощенная жидкостью от электронного пучка, определялась по нагреву слоя воды того же объема (200 мл), что и исследуемая жидкость. Средняя энергия электронов пучка,

попавших в жидкость, полученная путем калориметрических измерений, составляла 92 кэВ.

В результате в объеме газа генерируются активные радикалы  $R^{\bullet}$ , а в жидкости имеется вещество В, в результате чего происходит взаимодействие вещества В с радикалами  $R^{\bullet}$ . Скорость реакции будет определяться соотношением

$$w_1 = Ak_1[B][R^{\bullet}], \quad (3)$$

где  $k_1$  - константа реакции, А - относительная толщина активного слоя жидкости, в котором происходит взаимодействие радикалов из газовой фазы с веществом, растворенном в воде. В случае воды абсолютное значение толщины активного слоя составляет  $\approx 50$  микрон. В рассматриваемом способе очистки реакция происходит в слое толщиной А и по мере расходования вещества в этом слое его содержание пополняется так, что средняя концентрация по всему объему жидкости всегда остается постоянной.

Активные радикалы  $R^{\bullet}$ , образующиеся в газовой фазе, могут расходоваться при взаимодействиях между собой, образуя неактивные продукты, со скоростью

$$w_2 = k_2[R^{\bullet}]^2. \quad (4)$$

Чтобы не допустить значительной потери активных частиц, необходимо выполнить условие  $w_2 \ll w_1$ , или:

$$[R^{\bullet}] \ll A[B] \frac{k_1}{k_2}. \quad (1)$$

Т. е. для того, чтобы активные радикалы расходовались в основном на взаимодействие с примесью, содержащейся в воде, их концентрация должна зависеть от концентрации примеси и быть достаточно малой. Пусть толщина обрабатываемого слоя жидкости равна 20 мм (относительная толщина  $A = 2,5 \cdot 10^{-3}$ ) и положим  $k_1 = k_2$ , а концентрации примеси примем равной  $[B] \approx 10^{-3}$  моль/л, тогда  $[R^{\bullet}] \ll 2,5 \cdot 10^{-9}$  моль/см<sup>3</sup> или концентрация радикалов должна быть существенно меньше  $10^{15}$  частиц в 1 см<sup>3</sup>. Такая плотность частиц характерна для слабоионизированной плазмы коронного или слаботокового искрового разряда (ток  $\approx 1$  мА), либо возникающей под действием пучка электронов с плотностью тока  $\approx 0,1$  мА/см<sup>2</sup>.

Объем газовой фазы и форма полости с газом при электрическом разряде образуют в единицу времени  $R_s^{\bullet}$  радикалов. Их концентрация будет  $[R_s^{\bullet}]/V$ , где  $V$  - объем газа. Гибель радикалов будет происходить со скоростью  $k_2([R_s^{\bullet}]/V)^2$ , а расходование на реакции в жидкости со скоростью  $Ak_1[B]([R_s^{\bullet}]/V)$ . Условие (1) примет вид:

$$[R_s^{\bullet}] \ll A[B] \frac{k_1}{k_2} V. \quad (5)$$

Отсюда следует, что при определенной скорости образования активных радикалов всегда можно выбрать такой маленький объем газовой фазы, когда условие (5) не может быть выполнено, и образующиеся радикалы будут погибать преимущественно при взаимодействиях между собой, т.е. объем газовой полости должен быть не слишком малым, и в конкретных случаях может возникать необходимость его увеличения.

Если частицы будут гибнуть на стенках (это относится в первую очередь к частицам в возбужденных состояниях), доля погибших частиц для случая газового объема в форме цилиндра с радиусом  $r$  и высотой  $h$  будет

$$\frac{1}{z \left( 1 + \frac{h}{r} \right)}.$$

Отсюда видно, что объем газовой полости при необходимости следует увеличивать за счет радиуса, оставляя минимальной ее высоту. Газовая полость должна иметь большую площадь основания при минимальной высоте.

Реакция происходит в тонком поверхностном слое, поэтому нужно обеспечивать эффективное перемешивание раствора во время реакции по мере расходования вещества в поверхностном слое. За счет только диффузии перемешивание жидкости будет

происходить медленно. Для ускорения перемешивания жидкости использовано электрическое поле. Для этого на дне сосуда находится второй электрод. Электрическое поле, создаваемое за счет протекания постоянного тока разряда силой 0,1 мА, может создать в жидкости напряженность поля не более 1 В/см. При такой напряженности поля скорость движения ионов составляет  $\approx 0,3$  мм/мин, т. е. перемешивание слоя раствора толщиной  $\approx 10$  мм произойдет за время порядка 30 мин. Поэтому для достижения заметной скорости перемешивания напряженность электрического поля в жидкости должна составлять не менее 100 В/см. Толщина слоя жидкости, который можно эффективно перемешивать, будет зависеть от распределения потенциала внутри жидкости и времени реакции.

В случае, когда инициирование реакции осуществляется с помощью электрического разряда, исходя из условий, что: 1) плотность активных частиц должна быть мала; 2) напряженность электрического поля в жидкости не менее 100 В/см (что возможно при токе не менее десяти миллиампер) можно сделать вывод, что разряд должен быть импульсным. Для наблюдения и контроля формы тока при электрическом разряде использовался делитель на сопротивлениях 14, 15 и осциллограф (см. фиг. 2). При коронном разряде на поверхности жидкости создавались импульсы напряжения амплитудой 100 - 200 В с частотой повторения  $\approx 100$  кГц и при искровом разряде - до 8,5 кВ с частотой повторения 100 - 1000 Гц. Максимально допустимая величина напряженности электрического поля при коронном разряде составляла: в жидкости  $\approx 100$  В/см, в газе  $\approx 5 \cdot 10^{-16}$  В/см<sup>2</sup> (50 Td); при искровом разряде напряженность поля в жидкости и газе составляла соответственно  $\approx 4$  кВ/см и  $\approx 2,5 \cdot 10^{-16}$  В/см<sup>2</sup>.

Результаты осуществления представленного способа очистки воды, содержащей в растворе перманганат калия  $\text{KMnO}_4$  и цианистого калия  $\text{KCN}$ , представленные в табл. 1 и 2, показали эффективность, надежность и экономичность предложенного способа.

Источники информации, принятые во внимание

1. Заявка Франции N 2421145, Мкл. С 02 В 3/02, 1979 г.
2. Авторское свидетельство СССР N 1068394, Мкл. С 02 F 1/46, 1987 г.
3. Патент РФ N 2043970, Мкл. С 02 F 1/46, 1991 г.

#### Формула изобретения

1. Способ очистки воды путем воздействия электрического тока и постоянного электрического поля на объем обрабатываемой жидкости и слой газа, расположенного над ней, отличающийся тем, что постоянное электрическое поле создают при импульсном характере изменения плотности тока.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что напряженность электрического поля создают в пределах от 10 до 30 кВ/см.

3. Способ по пп. 1 и 2, отличающийся тем, что плотность тока меняют в пределах от 0,01 до 1 мА/см<sup>2</sup> и она зависит от концентрации примеси в воде при соблюдении условия

$$[R^*] \ll A \cdot B \cdot \frac{k_1}{k_2},$$

где  $R^*$  - активные радикалы, моль/см<sup>3</sup>;

A - толщина активного слоя жидкости, A = 0,05 мм;

B - концентрация примеси, моль/л;

$k_1$  и  $k_2$  - константы реакций.

4. Способ по пп. 1 - 3, отличающийся тем, что слой газа имеет такую форму, что отношение полной поверхности газового слоя  $S_n$  к поверхности жидкости  $S_{ж}$  заключено в пределах

$$\frac{1}{2} \leq \frac{S_{ж}}{S_n} \leq \frac{1}{4}.$$

5. Способ по пп. 1 - 4, отличающийся тем, что толщина обрабатываемого слоя жидкости

заклучена в пределах от 1 до 100 мм.

6. Способ по пп.1 - 5, отличающийся тем, что инициирование электрического тока в газе осуществляют импульсным электрическим разрядом.

5 7. Способ по пп.1 - 5, отличающийся тем, что инициирование электрического тока в газе осуществляют пучком ускоренных электронов.

8. Способ по пп.1 - 5, отличающийся тем, что инициирование электрического тока в газе осуществляют пучком ионизирующего фотонного излучения (рентгеновского или ультрафиолетового).

9. Способ по пп.1 - 8, отличающийся тем, что слой газа создают из кислорода.

10 10. Способ по пп.1 - 8, отличающийся тем, что в качестве слоя газа используют воздух.

15

20

25

30

35

40

45

50

Таблица 1.

Время обесцвечивания  $1,9 \cdot 10^{-4}$  моль/л раствора  $\text{KMnO}_4$  при разных режимах электрического разряда для положительной полярности напряжения на разрядном электроде.

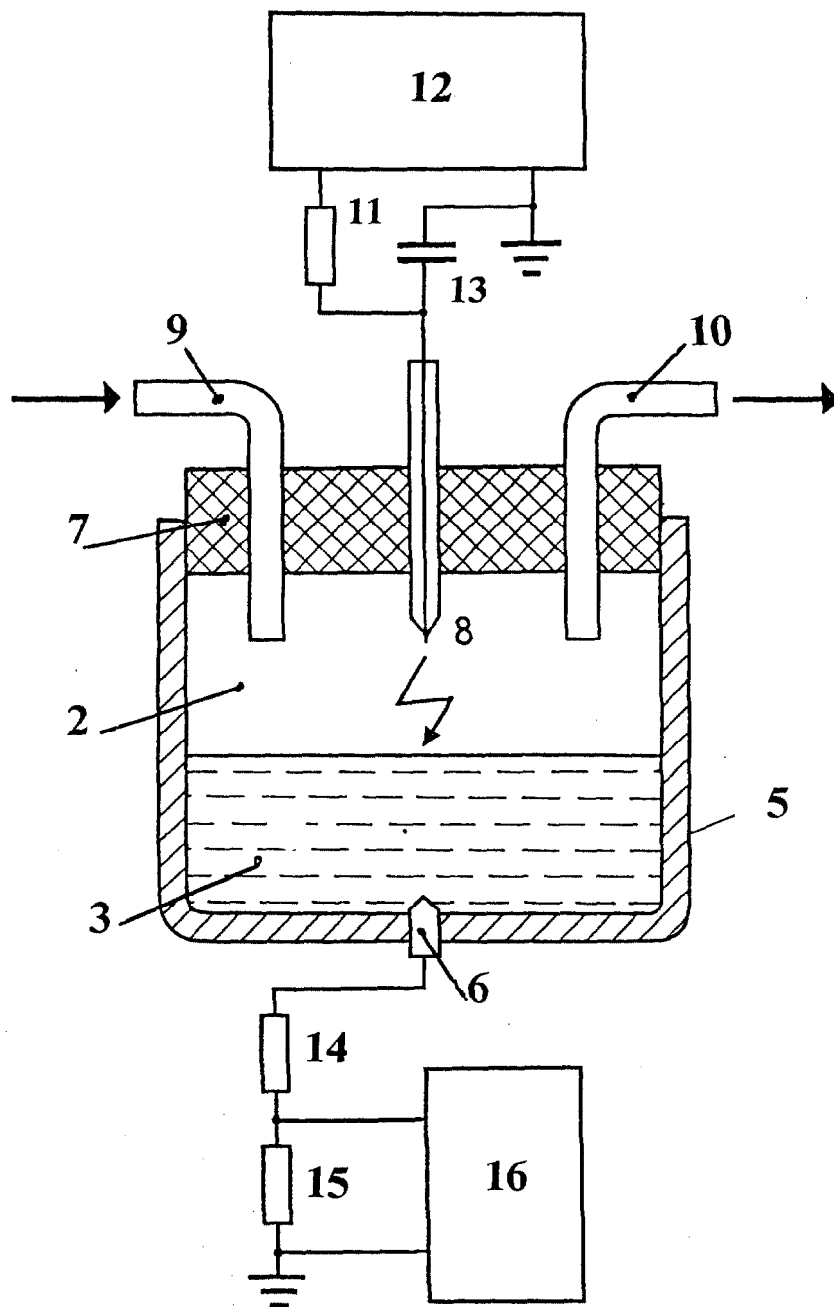
| Вид разряда  | Характеристика изменений   | Выделившаяся энергия |
|--|--|----------------------|
| Коронный разряд, $I = 0,05$ мА,<br>$V = 9,5$ кВ, $P \sim 0,5$ Вт | За 30 часов раствор<br>немного посветлел                               | 15 дж                |
| Искровой разряд, $I = 0,5$ мА,<br>$V = 8,5$ кВ, $P \sim 4,25$ Вт | За 4 минуты раствор<br>полностью обесцветился                          | 0,28 дж              |
| Дуговой разряд, $I = 5$ мА,<br>$V = 2$ кВ, $P \sim 10$ Вт        | Через 20 минут цвет<br>пропал, хотя осадок в углах<br>сосуда еще есть. | 3,33 дж              |

Таблица 2.

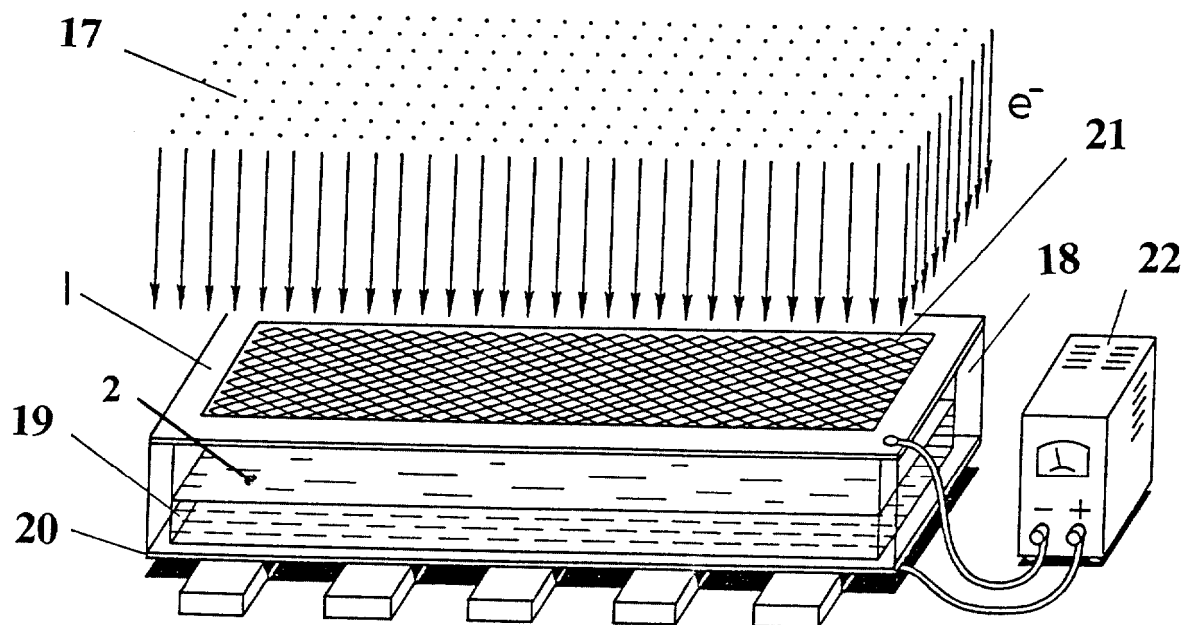
Доля неразложившихся цианидов после обработки раствора электрическим разрядом в течение 1 часа при отрицательной полярности напряжения на разрядном электроде для разных областей разряда в промежутке электрод-жидкость.

| Режим разряда   | Ток, мА | Доля оставшихся цианидов, % |
|-----------------|---------|-----------------------------|
| Коронный разряд | 0,15    | 7,5                         |
| Искровой разряд | 0,5     | 60                          |
|                 | 1       | 56                          |
| Дуговой разряд  | 3       | 77                          |
|                 | 5       | 75                          |





Фиг. 2



Фиг. 3