



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

**(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

(21), (22) Заявка: **2005124928/22**, **04.08.2005**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**04.08.2005**

(45) Опубликовано: **27.01.2006**

Адрес для переписки:  
**432071, г.Ульяновск, а/я 2280, Е.М. Силкину**

(72) Автор(ы):

**Силкин Евгений Михайлович (RU)**

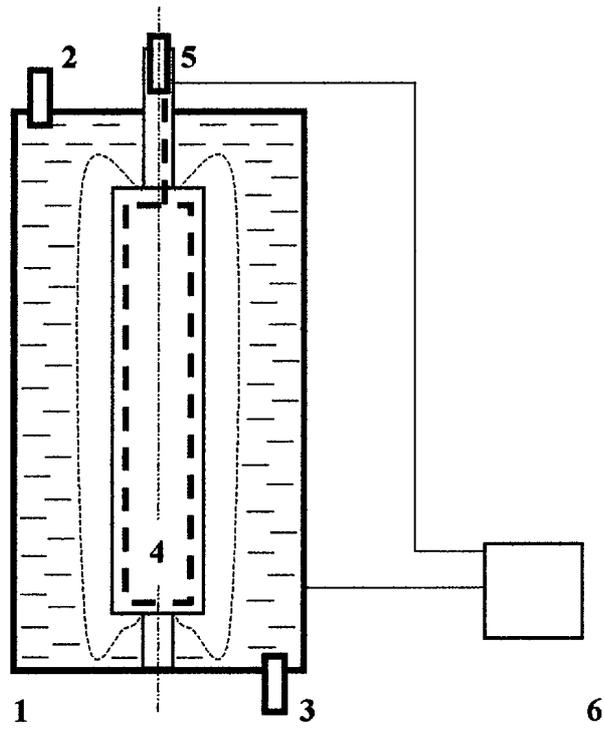
(73) Патентообладатель(и):

**Закрытое акционерное общество  
"Электроника силовая" (RU)**

**(54) РЕАКТОР ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЖИДКОСТИ**

**Формула полезной модели**

Реактор для обработки жидкости, содержащий герметичный цилиндрический корпус с патрубками для подвода исходной и отвода обработанной жидкости, внутри которого коаксиально укреплен цилиндрический электрод, патрубок для подвода кислородсодержащего газа, источник питания, один вывод которого подключен к цилиндрическому электроду, отличающийся тем, что цилиндрический корпус выполнен из проводящего электрический ток материала, цилиндрический электрод выполнен в виде сетки, помещенной на внутренней поверхности пористой трубки из диэлектрического материала, соединенной с патрубком подвода кислородсодержащего газа, кислородсодержащий газ поступает внутрь пористой трубки под избыточным давлением, источник питания выполнен в виде генератора переменного тока, вырабатывающего переменный ток прямоугольной формы, второй вывод источника питания соединен с цилиндрическим корпусом.



Полезная модель относится к электротехнологии и может быть использована при проектировании новых установок для плазмохимической обработки жидкостей повышенной производительности с низкими энергозатратами на обработку, в том числе для очистки и обеззараживания воды.

Известен реактор для обработки жидкости содержащий герметичный цилиндрический корпус с патрубками для подвода исходной и отвода обработанной жидкости, внутри которого укреплены чередующиеся цилиндрические металлические электроды с диэлектрическим покрытием, патрубков для подвода кислородсодержащего газа, источник питания, выводы которого соединены с металлическими электродами, кислородсодержащий газ предварительно смешивается с обрабатываемой жидкостью, источник питания выполнен в виде импульсного источника (Барьерный разряд в водо-воздушной среде и его применение в технологии очистки воды \ Я.И.Корнев, Н.А.Яворский и др. \ Тез. докл. конф. посвящ. озону и другим экологически чистым окислителям. М., 7-9 июня 2005 г. Изд. «Книжный дом Университет», 2005. - С.182).

Недостатком реактора для обработки жидкости являются высокие энергозатраты на обработку жидкости, что обусловлено возможным отрицательным шунтирующим влиянием электрических перемычек, периодически образующихся в разрядном промежутке, что приводит к значительным дополнительным потерям энергии, нестабильностью и неравномерностью электрического разряда в жидкости, высокими потерями энергии в импульсном источнике питания.

Известен реактор для обработки жидкости содержащий герметичный цилиндрический корпус, выполненный из диэлектрического материала, с патрубками для подвода исходной и отвода обработанной жидкости, на наружной поверхности которого размещен кольцевой металлический электрод, а внутри коаксиально укреплен второй цилиндрический

металлический электрод, патрубков для подвода кислородсодержащего газа, источник питания, выводы которого соединены с металлическими электродами, кислородсодержащий газ предварительно смешивается с обрабатываемой жидкостью, источник питания выполнен в виде импульсного источника (П. 2233244 РФ МКИ С 02 F 1/46 Реактор для обработки жидкостей \ Б.Г.Шубин., М.Б.Шубин \ Заявл. 22.04.03., Опубл. 27.07.04. БИМП №35).

Указанный реактор для обработки жидкости является наиболее близким по технической сущности к полезной модели и рассматривается в качестве прототипа.

Недостатком реактора для обработки жидкости являются высокие энергозатраты на обработку жидкости, что обусловлено возможным отрицательным шунтирующим влиянием электрических перемычек, периодически образующихся в разрядном промежутке, что приводит к значительным дополнительным потерям энергии, нестабильностью и неравномерностью электрического разряда в жидкости, высокими потерями энергии в импульсном источнике питания.

Полезная модель направлена на решение задачи снижения энергозатрат на обработку жидкости, что является целью изобретения.

Указанная цель достигается тем, что в реакторе для обработки жидкости, содержащем герметичный цилиндрический корпус с патрубками для подвода исходной и отвода обработанной жидкости, внутри которого коаксиально укреплен цилиндрический электрод, патрубков для подвода кислородсодержащего газа, источник питания, один вывод которого подключен к цилиндрическому электроду, цилиндрический корпус выполнен из проводящего электрический ток материала,

цилиндрический электрод выполнен в виде сетки, помещенной на внутренней поверхности пористой трубки из диэлектрического материала, соединенной с патрубком подвода кислородсодержащего газа, кислородсодержащий газ поступает

5 питания выполнен в виде генератора переменного тока, вырабатывающего переменный ток прямоугольной формы, второй вывод источника питания соединен с цилиндрическим корпусом.

Существенным отличием, характеризующим полезную модель, является снижение 10 энергозатрат на обработку жидкости, что достигается существенным снижением дополнительных непроизводительных потерь энергии, исключением возможного шунтирующего влияния электрических переминок, периодически образующихся в разрядном промежутке (что приводит к дополнительным потерям энергии), интенсификацией процессов синтеза химически активных веществ и радикалов, более 15 полным использованием всех активных факторов электрического разряда при обработке жидкости, повышением стабильности и равномерности электрического разряда в жидкости, уменьшением потерь энергии в источнике питания.

Снижение энергозатрат на обработку жидкости является полученным техническим 20 результатом, обусловленным заявляемой конструкцией реактора для обработки жидкости, новыми связями, выполнением элементов реактора для обработки жидкости, обеспечиваемой для заявляемой конструкции формой электрического разряда в смеси жидкости и кислородсодержащего газа, то есть отличительными признаками полезной модели. Таким образом, отличительные признаки заявляемого 25 реактора для обработки жидкости являются существенными.

На рисунке приведен чертеж реактора для обработки жидкости, поясняющий принципы соединения его элементов и работы, а также принцип осуществления новой формы электрического разряда в смеси жидкости и кислородсодержащего газа.

30 Реактор содержит герметичный цилиндрический корпус 1 из проводящего электрический ток материала с патрубками 2, 3 соответственно для подвода исходной и отвода обработанной жидкости, внутри которого коаксиально укреплен цилиндрический электрод

4, выполненный в виде сетки, помещенной на внутренней поверхности пористой 35 трубки из диэлектрического материала, соединенной с патрубком 5 для подвода кислородсодержащего газа, источник питания 6, выполненный в виде генератора переменного тока, вырабатывающего переменный ток прямоугольной формы, выводы которого соединены с цилиндрическим электродом и цилиндрическим 40 корпусом реактора.

Обработка жидкости осуществляется следующим образом. Кислородсодержащий газ подвергается предварительной очистке и охлаждению. Подготовленный газ вводится в жидкость непосредственно в разрядном промежутке. Ввод газа осуществляется путем диспергирования через пористый электрод 4 с пористостью, 45 размерами пор и при давлении кислородсодержащего газа, выбранными из условия образования около пористого электрода 4 тонкого газового слоя. Электрический разряд в форме барьерного развивается преимущественно в тонком газовом слое около пористого электрода 4. Обработка жидкости осуществляется путем воздействия 50 совокупности факторов электрического барьерного разряда (химически активные вещества и радикалы, в том числе озон, образующиеся в электрическом барьерном разряде, электрическое поле, ультрафиолетовое излучение, давление, температура, ультразвук, кавитация) на полученную таким образом смесь обрабатываемой

жидкости и кислородсодержащего газа.

Реактор для обработки жидкости работает следующим образом. Под действием внешнего напряжения источника питания 6, приложенного между цилиндрическим корпусом 1 и пористым электродом 4, в тонком газовом слое (показан на рисунке штриховой линией) около пористого электрода 4 возбуждается электрический барьерный разряд. Барьерный разряд имеет структуру отдельных микроразрядов, равномерно распределенных по поверхности пористого электрода 4. В микроразрядах происходит диссоциация молекул кислорода. Образующиеся в результате диссоциации атомы кислорода взаимодействуют с молекулами кислорода, в результате чего образуются молекулы озона. Одновременно

атомарный кислород сам является химически активным, и часть его участвует в окислительных реакциях самостоятельно, так как имеют место условия для оперативного смешивания жидкости с кислородсодержащим газом и осуществления окислительных реакций непосредственно в разрядном промежутке. Другим химически активным радикалом, который образуется в электрическом барьерном разряде, может быть гидроксильный радикал. Гидроксильный радикал один из самых сильных известных окислителей. Так как электрический барьерный разряд осуществляется непосредственно в смеси жидкости и кислородсодержащего газа, и имеют место интенсивные массообменные процессы, возможен быстрый перевод всех химически активных веществ и радикалов, способных участвовать в реакциях с примесями, в обрабатываемую жидкость. Преимущественное развитие электрического барьерного разряда в тонком газовом слое около пористого электрода 4 существенно повышает эффективность синтеза химически активных веществ и радикалов, в том числе озона, способных участвовать в реакциях с примесями в обрабатываемой жидкости, а также эффективность их смешивания с жидкостью и проведения окислительных химических реакций. Электрический барьерный разряд является источником интенсивного ультрафиолетового излучения. Осуществление электрического барьерного разряда непосредственно в смеси жидкости и кислородсодержащего газа позволяет эффективно использовать ультрафиолетовое излучение для интенсификации синтеза химически активных веществ и радикалов, в том числе озона, а также проведения окислительных реакций в обрабатываемой жидкости. Электрический барьерный разряд характеризуется высокой стабильностью. Предварительная очистка и охлаждение кислородсодержащего газа повышают равномерность и стабильность электрического барьерного разряда в смеси жидкости и кислородсодержащего газа. Использование в качестве источника питания генератора переменного тока, вырабатывающего переменный ток прямоугольной формы, также повышают равномерность и стабильность электрического барьерного

разряда в смеси жидкости и кислородсодержащего газа. Источник питания такого типа может иметь достаточно высокий коэффициент полезного действия, что обеспечивает снижение энергозатрат на обработку жидкости.

Кислородсодержащий газ поступает в разрядный промежуток через поры в структуре пористого электрода 4 (пористой трубки из диэлектрического материала). Кислородсодержащий газ внутрь пористого электрода 4 подается под избыточным давлением через патрубок 5. Изменением величины избыточного давления кислородсодержащего газа возможны стабилизация и регулирование процесса обработки жидкости и параметров электрического барьерного разряда. Пористый электрод 4 выполнен с пористостью и размерами пор, обеспечивающими при номинальном избыточном давлении кислородсодержащего газа и номинальном

давлении обрабатываемой жидкости образование около пористого электрода 4 квазиравномерного тонкого газового слоя. Ввод в реактор и вывод из реактора обрабатываемой жидкости осуществляется через патрубки 2, 3 соответственно.

5 По сравнению с прототипом имеет место существенное снижение энергозатрат на обработку жидкости, что достигается снижением дополнительных  
непроизводительных потерь энергии, исключением возможного шунтирующего  
влияния электрических перемычек, периодически образующихся в разрядном  
10 промежутке (что приводит к дополнительным потерям энергии), интенсификацией процессов синтеза химически активных веществ и радикалов, более полным использованием всех активных факторов электрического барьерного разряда (химически активные вещества и радикалы, в том числе озон, образующиеся в электрическом барьерном разряде, электрическое поле, ультрафиолетовое излучение,  
15 давление, температура, ультразвук, кавитация) при обработке жидкости, стабильностью и равномерностью новой формы электрического барьерного разряда в смеси жидкости и кислородсодержащего газа, снижением потерь энергии в источнике питания.

20 Энергозатраты на обработку жидкости (по сравнению с прототипом) могут быть снижены  $7\div 8$  раз.

#### (57) Реферат

Полезная модель относится к электротехнологии и может быть использована при проектировании новых установок для плазмохимической обработки жидкостей  
25 повышенной производительности, в том числе для очистки и обеззараживания воды. Полезная модель снижает энергозатраты на обработку жидкости. Реактор для обработки жидкости содержит герметичный цилиндрический корпус с патрубками для подвода исходной и отвода обработанной жидкости, внутри которого коаксиально  
30 укреплен цилиндрический электрод, патрубков для подвода кислородсодержащего газа, источник питания, один вывод которого подключен к цилиндрическому электроду. Цилиндрический корпус выполнен из проводящего электрический ток материала. Цилиндрический электрод выполнен в виде сетки, помещенной на внутренней поверхности пористой трубки из диэлектрического материала,  
35 соединенной с патрубком подвода кислородсодержащего газа. Кислородсодержащий газ поступает внутрь пористой трубки под избыточным давлением. Источник питания выполнен в виде генератора переменного тока, вырабатывающего переменный ток прямоугольной формы. Второй вывод источника питания соединен с цилиндрическим  
40 корпусом.

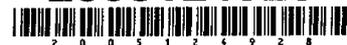
45

50

## РЕАКТОР ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЖИДКОСТИ

Полезная модель относится к электротехнологии и может быть использована при проектировании новых установок для плазмохимической обработки жидкостей повышенной производительности, в том числе для очистки и обеззараживания воды. Полезная модель снижает энергозатраты на обработку жидкости. Реактор для обработки жидкости содержит герметичный цилиндрический корпус с патрубками для подвода исходной и отвода обработанной жидкости, внутри которого коаксиально укреплен цилиндрический электрод, патрубок для подвода кислородсодержащего газа, источник питания, один вывод которого подключен к цилиндрическому электроду. Цилиндрический корпус выполнен из проводящего электрический ток материала. Цилиндрический электрод выполнен в виде сетки, помещенной на внутренней поверхности пористой трубки из диэлектрического материала, соединенной с патрубком подвода кислородсодержащего газа. Кислородсодержащий газ поступает внутрь пористой трубки под избыточным давлением. Источник питания выполнен в виде генератора переменного тока, вырабатывающего переменный ток прямоугольной формы. Второй вывод источника питания соединен с цилиндрическим корпусом. 1 илл.

2005124928



МКИ C02 F 1/46

## РЕАКТОР ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЖИДКОСТИ

Полезная модель относится к электротехнологии и может быть использована при проектировании новых установок для плазмохимической обработки жидкостей повышенной производительности с низкими энергозатратами на обработку, в том числе для очистки и обеззараживания воды.

Известен реактор для обработки жидкости содержащий герметичный цилиндрический корпус с патрубками для подвода исходной и отвода обработанной жидкости, внутри которого укреплены чередующиеся цилиндрические металлические электроды с диэлектрическим покрытием, патрубок для подвода кислородсодержащего газа, источник питания, выводы которого соединены с металлическими электродами, кислородсодержащий газ предварительно смешивается с обрабатываемой жидкостью, источник питания выполнен в виде импульсного источника (Барьерный разряд в водо-воздушной среде и его применение в технологии очистки воды\ Я.И.Корнев, Н.А.Яворский и др.\ Тез. докл. конф. посвящ. озону и другим экологически чистым окислителям. М., 7-9 июня 2005 г. Изд. «Книжный дом Университет», 2005.-С.182).

Недостатком реактора для обработки жидкости являются высокие энергозатраты на обработку жидкости, что обусловлено возможным отрицательным шунтирующим влиянием электрических перемычек, периодически образующихся в разрядном промежутке, что приводит к значительным дополнительным потерям энергии, нестабильностью и неравномерностью электрического разряда в жидкости, высокими потерями энергии в импульсном источнике питания.

Известен реактор для обработки жидкости содержащий герметичный цилиндрический корпус, выполненный из диэлектрического материала, с патрубками для подвода исходной и отвода обработанной жидкости, на наружной поверхности которого размещен кольцевой металлический электрод, а внутри коаксиально укреплен второй цилиндриче-

ский металлический электрод, патрубок для подвода кислородсодержащего газа, источник питания, выводы которого соединены с металлическими электродами, кислородсодержащий газ предварительно смешивается с обрабатываемой жидкостью, источник питания выполнен в виде импульсного источника (П. 2233244 РФ МКИ C02 F1\46 Реактор для обработки жидкостей\ Б.Г Шубин., М.Б.Шубин\ Заявл. 22.04.03., Опубл. 27.07.04. БИМП №35).

Указанный реактор для обработки жидкости является наиболее близким по технической сущности к полезной модели и рассматривается в качестве прототипа.

Недостатком реактора для обработки жидкости являются высокие энергозатраты на обработку жидкости, что обусловлено возможным отрицательным влиянием электрических перемычек, периодически образующихся в разрядном промежутке, что приводит к значительным дополнительным потерям энергии, нестабильностью и неравномерностью электрического разряда в жидкости, высокими потерями энергии в импульсном источнике питания.

Полезная модель направлена на решение задачи снижения энергозатрат на обработку жидкости, что является целью изобретения.

Указанная цель достигается тем, что в реакторе для обработки жидкости, содержащем герметичный цилиндрический корпус с патрубками для подвода исходной и отвода обработанной жидкости, внутри которого коаксиально укреплен цилиндрический электрод, патрубок для подвода кислородсодержащего газа, источник питания, один вывод которого подключен к цилиндрическому электроду, цилиндрический корпус выполнен из проводящего электрический ток материала, цилиндрический электрод выполнен в виде сетки, помещенной на внутренней поверхности пористой трубки из диэлектрического материала, соединенной с патрубком подвода кислородсодержащего газа, кислородсодержащий газ поступает внутрь пористой трубки под избыточным давлением, источник

питания выполнен в виде генератора переменного тока, вырабатывающего переменный ток прямоугольной формы, второй вывод источника питания соединен с цилиндрическим корпусом.

Существенным отличием, характеризующим полезную модель, является снижение энергозатрат на обработку жидкости, что достигается существенным снижением дополнительных непроизводительных потерь энергии, исключением возможного шунтирующего влияния электрических перемычек, периодически образующихся в разрядном промежутке (что приводит к дополнительным потерям энергии), интенсификацией процессов синтеза химически активных веществ и радикалов, более полным использованием всех активных факторов электрического разряда при обработке жидкости, повышением стабильности и равномерности электрического разряда в жидкости, уменьшением потерь энергии в источнике питания.

Снижение энергозатрат на обработку жидкости является полученным техническим результатом, обусловленным заявляемой конструкцией реактора для обработки жидкости, новыми связями, выполнением элементов реактора для обработки жидкости, обеспечиваемой для заявляемой конструкции формой электрического разряда в смеси жидкости и кислородсодержащего газа, то есть отличительными признаками полезной модели. Таким образом, отличительные признаки заявляемого реактора для обработки жидкости являются существенными.

На рисунке приведен чертеж реактора для обработки жидкости, поясняющий принципы соединения его элементов и работы, а также принцип осуществления новой формы электрического разряда в смеси жидкости и кислородсодержащего газа.

Реактор содержит герметичный цилиндрический корпус 1 из проводящего электрический ток материала с патрубками 2, 3 соответственно для подвода исходной и отвода обработанной жидкости, внутри которого коаксиально укреплен цилиндрический элек-

трод 4, выполненный в виде сетки, помещенной на внутренней поверхности пористой трубки из диэлектрического материала, соединенной с патрубком 5 для подвода кислородсодержащего газа, источник питания 6, выполненный в виде генератора переменного тока, вырабатывающего переменный ток прямоугольной формы, выводы которого соединены с цилиндрическим электродом и цилиндрическим корпусом реактора.

Обработка жидкости осуществляется следующим образом. Кислородсодержащий газ подвергается предварительной очистке и охлаждению. Подготовленный газ вводится в жидкость непосредственно в разрядном промежутке. Ввод газа осуществляется путем диспергирования через пористый электрод 4 с пористостью, размерами пор и при давлении кислородсодержащего газа, выбранными из условия образования около пористого электрода 4 тонкого газового слоя. Электрический разряд в форме барьерного развивается преимущественно в тонком газовом слое около пористого электрода 4. Обработка жидкости осуществляется путем воздействия совокупности факторов электрического барьерного разряда (химически активные вещества и радикалы, в том числе озон, образующиеся в электрическом барьерном разряде, электрическое поле, ультрафиолетовое излучение, давление, температура, ультразвук, кавитация) на полученную таким образом смесь обрабатываемой жидкости и кислородсодержащего газа.

Реактор для обработки жидкости работает следующим образом. Под действием внешнего напряжения источника питания 6, приложенного между цилиндрическим корпусом 1 и пористым электродом 4, в тонком газовом слое (показан на рисунке штриховой линией) около пористого электрода 4 возбуждается электрический барьерный разряд. Барьерный разряд имеет структуру отдельных микрозарядов, равномерно распределенных по поверхности пористого электрода 4. В микрозарядах происходит диссоциация молекул кислорода. Образующиеся в результате диссоциации атомы кислорода взаимодействуют с молекулами кислорода, в результате чего образуются молекулы озона. Одно-

временно атомарный кислород сам является химически активным, и часть его участвует в окислительных реакциях самостоятельно, так как имеют место условия для оперативного смешивания жидкости с кислородсодержащим газом и осуществления окислительных реакций непосредственно в разрядном промежутке. Другим химически активным радикалом, который образуется в электрическом барьерном разряде, может быть гидроксильный радикал. Гидроксильный радикал один из самых сильных известных окислителей. Так как электрический барьерный разряд осуществляется непосредственно в смеси жидкости и кислородсодержащего газа, и имеют место интенсивные массообменные процессы, возможен быстрый перевод всех химически активных веществ и радикалов, способных участвовать в реакциях с примесями, в обрабатываемую жидкость. Преимущественное развитие электрического барьерного разряда в тонком газовом слое около пористого электрода 4 существенно повышает эффективность синтеза химически активных веществ и радикалов, в том числе озона, способных участвовать в реакциях с примесями в обрабатываемой жидкости, а также эффективность их смешивания с жидкостью и проведения окислительных химических реакций. Электрический барьерный разряд является источником интенсивного ультрафиолетового излучения. Осуществление электрического барьерного разряда непосредственно в смеси жидкости и кислородсодержащего газа позволяет эффективно использовать ультрафиолетовое излучение для интенсификации синтеза химически активных веществ и радикалов, в том числе озона, а также проведения окислительных реакций в обрабатываемой жидкости. Электрический барьерный разряд характеризуется высокой стабильностью. Предварительная очистка и охлаждение кислородсодержащего газа повышают равномерность и стабильность электрического барьерного разряда в смеси жидкости и кислородсодержащего газа. Использование в качестве источника питания генератора переменного тока, вырабатывающего переменный ток прямоугольной формы, также повышают равномерность и стабильность электрического барьерного разряда.

ерного разряда в смеси жидкости и кислородсодержащего газа. Источник питания такого типа может иметь достаточно высокий коэффициент полезного действия, что обеспечивает снижение энергозатрат на обработку жидкости.

Кислородсодержащий газ поступает в разрядный промежуток через поры в структуре пористого электрода 4 (пористой трубки из диэлектрического материала). Кислородсодержащий газ внутрь пористого электрода 4 подается под избыточным давлением через патрубок 5. Изменением величины избыточного давления кислородсодержащего газа возможны стабилизация и регулирование процесса обработки жидкости и параметров электрического барьерного разряда. Пористый электрод 4 выполнен с пористостью и размерами пор, обеспечивающими при номинальном избыточном давлении кислородсодержащего газа и номинальном давлении обрабатываемой жидкости образование около пористого электрода 4 квазиравномерного тонкого газового слоя. Ввод в реактор и вывод из реактора обрабатываемой жидкости осуществляется через патрубки 2, 3 соответственно.

По сравнению с прототипом имеет место существенное снижение энергозатрат на обработку жидкости, что достигается снижением дополнительных непроизводительных потерь энергии, исключением возможного шунтирующего влияния электрических перемычек, периодически образующихся в разрядном промежутке (что приводит к дополнительным потерям энергии), интенсификацией процессов синтеза химически активных веществ и радикалов, более полным использованием всех активных факторов электрического барьерного разряда (химически активные вещества и радикалы, в том числе озон, образующиеся в электрическом барьерном разряде, электрическое поле, ультрафиолетовое излучение, давление, температура, ультразвук, кавитация) при обработке жидкости, стабильностью и равномерностью новой формы электрического барьерного разряда в смеси жидкости и кислородсодержащего газа, снижением потерь энергии в источнике питания.

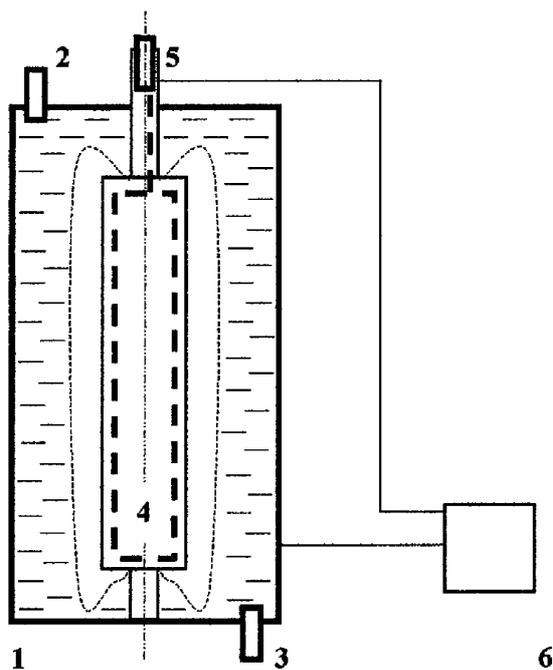
Энергозатраты на обработку жидкости (по сравнению с прототипом) могут быть снижены  
7 ÷ 8 раз.

От заявителя

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke at the end, enclosed within an oval shape.

Е.М.Силкин

*Реактор для обработки жидкости*



Автор: Е.М.Силкин