



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012148592/07, 15.11.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
15.11.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.11.2012

(45) Опубликовано: 27.04.2013 Бюл. № 12

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр.1,  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦЗИС, Н.П. Козлову  
(НИИЭМ)

(72) Автор(ы):

Архинов Владимир Павлович (RU),  
Новиков Дмитрий Олегович (RU),  
Камруков Александр Семенович (RU),  
Козлов Николай Павлович (RU),  
Яловик Михаил Степанович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
"Московский государственный технический  
университет имени Н.Э. Баумана" (МГТУ  
им. Н.Э. Баумана) (RU)

## (54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЧИСТКИ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

## Формула полезной модели

1. Устройство для очистки жидких радиоактивных отходов, содержащее фотохимический реактор в виде герметичного корпуса с входным и выходным отверстиями с установленным в нем электроразрядным источником ультрафиолетового излучения в виде импульсной газоразрядной лампы и блок питания, подключенный к импульсной газоразрядной лампе, с накопительным конденсатором, зарядным устройством на основе преобразователя «напряжение - ток» и системой инициирования разряда в виде генератора высоковольтных импульсов, отличающееся тем, что на торцах фотохимического реактора установлены входная и выходная камеры в виде цилиндра с герметичным дном, при этом внутренние диаметры фотохимического реактора, входной и выходной камер равны между собой, а в пристеночной зоне внутри корпуса фотохимического реактора установлены по крайней мере три дефлектора, каждый из которых выполнен в виде незамкнутого кольцевого сегмента, высота которого  $h$  выбирается из соотношения

$$0,1 < h/d < 0,5,$$

где  $d$  - внутренний диаметр фотохимического реактора.

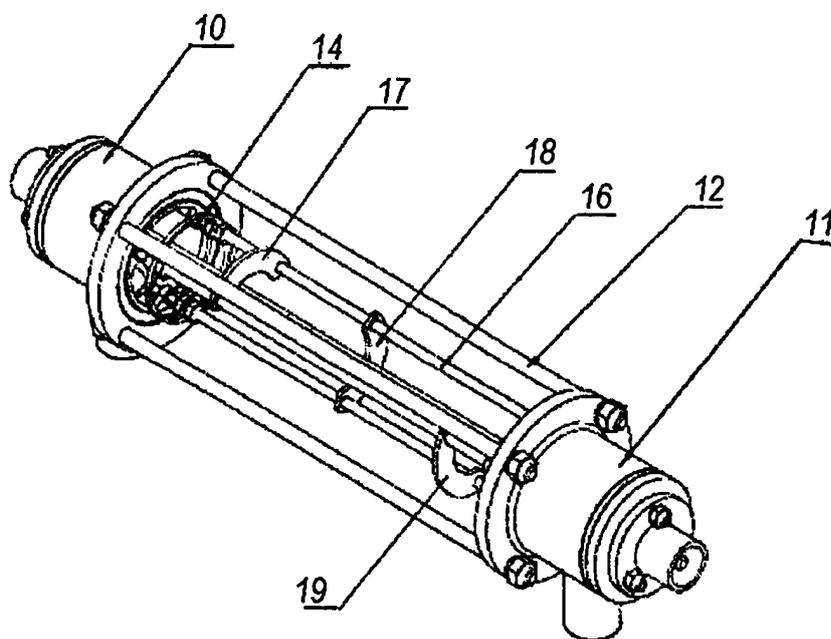
2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что угловая ширина каждого из трех дефлекторов превышает  $120^\circ$ , а каждый следующий дефлектор установлен относительно предыдущего с поворотом по радиальному углу на  $120^\circ$ .

3. Устройство по п.2, отличающееся тем, что расстояние вдоль оси корпуса фотохимического реактора между первым и вторым дефлектором составляет  $1,2 \dots 1,6d$ , расстояние между вторым и третьим дефлекторами составляет  $3 \dots 4d$ .

4. Устройство по п.1, отличающееся тем, что во внутренней полости фотохимического

реактора установлены два кольцевых фланца, соединенных между собой шпильками, а дефлекторы выполнены с крепежными отверстиями, через которые пропущены шпильки, и закреплены с помощью гаек.

5. Устройство по п.1, отличающееся тем, что дефлекторы выполнены из прозрачного для ультрафиолетового излучения материала.



RU 127507 U1

RU 127507 U1

Полезная модель относится к оборудованию для фотохимической очистки жидких радиоактивных отходов (ЖРО), образующихся в виде загрязненных радиоактивными элементами растворов при дезактивации оборудования, а также при работе спецпрачечных.

5 Локализация, концентрирование и переработка таких отходов значительно упрощается после удаления или разрушения содержащихся в них комплексонов (этилендиаминтетраацетата натрия - ЭДТА, щавелевой, лимонной кислот и др.), синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), которые связывают радионуклиды и затрудняют их выделение традиционными физико-химическими  
10 методами.

Известно устройство для переработки ЖРО, применяемое для реализации способа переработки ЖРО по патенту RU 2273066 (МПК G21F 9/06, опубликовано 27.03.2006). Известное устройство имеет сложную конструкцию, основано на использовании мембранных технологий, имеет ограниченный ресурс работы и невысокую  
15 эффективность очистки.

Известно также устройство для очистки и обеззараживания водных сред по патенту RU 2031850 (МПК C02F 1/32, опубликовано 27.03.1995), принятое за прототип, содержащее фотохимический реактор в виде герметичного корпуса с входным и  
20 выходным отверстиями с установленным в нем электроразрядным источником ультрафиолетового излучения в виде импульсной газоразрядной лампы и блок питания, подключенный к импульсной газоразрядной лампе, с накопительным конденсатором, зарядным устройством на основе преобразователя «напряжение - ток» и системой инициирования разряда в виде генератора высоковольтных импульсов. Работа известного устройства основана на протекании в обрабатываемой жидкости  
25 фотохимических реакций, инициированных импульсным ультрафиолетовым излучением.

Недостатком известного устройства является ограниченная эффективность очистки. Это ограничение связано с тем, что течение обрабатываемой жидкости в фотохимическом реакторе крайне неоднородно и траектории движения различных  
30 элементарных объемов сильно разнятся. В результате время нахождения в зоне облучения и, соответственно, полученная доза ультрафиолетового излучения для отдельных элементарных объемов обрабатываемой жидкости существенно различаются. В свою очередь, это приводит к разной скорости протекания фотохимических реакций и к разной достигаемой степени очистки отдельных элементарных объемов  
35 обрабатываемой жидкости, а выходной поток жидкости как суперпозиция множества элементарных объемов оказывается очищенным не полностью.

Технический результат от использования предложенной полезной модели заключается в повышении эффективности очистки ЖРО.

Указанный технический результат достигается тем, что в устройстве для очистки жидких радиоактивных отходов на торцах фотохимического реактора установлены  
40 входная и выходная камеры в виде цилиндра с герметичным дном, при этом внутренние диаметры фотохимического реактора, входной и выходной камер равны между собой, а в пристеночной зоне внутри корпуса фотохимического реактора установлены по крайней мере три дефлектора, каждый из которых выполнен в виде незамкнутого кольцевого сегмента, высота которого  $h$  выбирается из соотношения  $0,1 < h/d < 0,5$ , где  
45  $d$  - внутренний диаметр фотохимического реактора.

В варианте выполнения устройства угловая ширина каждого из трех дефлекторов превышает 120 градусов, а каждый следующий дефлектор установлен относительно предыдущего с поворотом по радиальному углу на 120 градусов.

В другом варианте выполнения расстояние вдоль оси корпуса фотохимического реактора между первым и вторым дефлектором составляет 1,2...1,6 d, расстояние между вторым и третьим дефлекторами составляет 3...4 d.

5 Во внутренней полости фотохимического реактора могут быть установлены два кольцевых фланца, соединенных между собой шпильками, а дефлекторы выполнены с крепежными отверстиями, через которые пропущены шпильки, и закреплены с помощью гаек.

Кроме того, дефлекторы могут быть выполнены из прозрачного для ультрафиолетового излучения материала.

10 Взаимосвязь совокупности существенных признаков независимого пункта формулы полезной модели и достигаемого технического результата обусловлена тем, что установка на торцах фотохимического реактора входной и выходной камер, а также размещение внутри корпуса фотохимического реактора дефлекторов в виде незамкнутого кольцевого сегмента позволяет организовать такие гидродинамические  
15 условия течения обрабатываемой жидкости в зоне облучения, при которых время нахождения отдельно взятых и движущихся по различным траекториям элементарных объемов жидкости (а, следовательно, и полученные дозы облучения, и скорости фотохимических реакций и степень очистки в каждом элементарном объеме обрабатываемой жидкости) в значительной степени сближаются. Из-за этого общая  
20 эффективность очистки ЖРО повышается.

В зависимых пунктах формулы полезной модели приведены признаки, конкретизирующие наиболее оптимальную конструкцию устройства для очистки ЖРО для конкретного примера выполнения.

Полезная модель поясняется графическими материалами, где на фиг.1 изображена  
25 блок-схема предлагаемого устройства, на фиг.2 приведен чертеж конструктивного выполнения фотохимического реактора устройства, на фиг.3 изображена схема размещения дефлекторов в фотохимическом реакторе, где для наглядности корпус реактора не показан.

Устройство для очистки жидких радиоактивных отходов содержит (фиг.1)  
30 фотохимический реактор 1 в виде герметичного корпуса 2 с входным и выходным отверстиями с установленным в нем электроразрядным источником ультрафиолетового излучения в виде импульсной газоразрядной лампы 3, электроды которой подключены к блоку питания 4. Прозрачная колба лампы заполнена инертным газом ксеноном. Блок питания 4 содержит накопительный конденсатор 5, зарядное устройство 6 на  
35 основе преобразователя «напряжение - ток», систему инициирования разряда 7 в виде генератора высоковольтных импульсов и схему управления 8.

Импульсная газоразрядная лампа 3 и накопительный конденсатор 5 образуют разрядный контур, с которым индуктивно связана система инициирования разряда 7. Такая связь осуществляется посредством, например, импульсного трансформатора (на  
40 чертеже не показан), входящего в состав генератора высоковольтных импульсов.

Зарядное устройство представляет собой выпрямитель с преобразователем «напряжение-ток», которое обеспечивает заряд накопительного конденсатора емкостью 100-400 мкФ до напряжения 1,1-4 кВ. Генератор высоковольтных импульсов системы инициирования разряда 7 представляет собой формирователь импульсов амплитудой  
45 20-40 кВ, длительностью 1-10 мкс и частотой повторения от 1 до 10 Гц, определяемой схемой 8 управления.

Схема управления 8 содержит генератор тактовых импульсов, задающий частоту повторения импульсов излучения, источник опорного напряжения, компаратор,

сравнивающий напряжение между обкладками накопительного конденсатора 5 с опорным напряжением, органы управления, позволяющие устанавливать необходимые для конкретного использования значения частоты повторения импульсов и энергии, запасаемой накопительным конденсатором 5.

5 Фотохимический реактор (фиг.2) выполнен в виде цилиндрического корпуса 9, к торцам которого через уплотняющие прокладки прикреплены входная 10 и выходная 11 камеры, каждая из которых выполнена в виде сварного стакана с фланцем. Фланцы входной 10 и выходной 11 камер стягиваются между собой наружными шпильками 12, что обеспечивает жесткость и герметичность конструкции. В камерах 10 и 11 имеются  
10 входное и выходное отверстия соответственно. Внутренние диаметры корпуса 9 и камер 10, 11 равны между собой.

Импульсная газоразрядная лампа 3 установлена на оси фотохимического реактора с помощью изоляторов 13, закрепленных через уплотнения на торцевых стенках входной 10 и выходной 11 камер.

15 В корпусе 9 фотохимического реактора установлены кольцевые фланцы 14, 15, соединенные между собой внутренними шпильками 16, на которых с помощью гаек закреплены первый 17, второй 18 и третий 19 дефлекторы, при этом каждый последующий дефлектор развернут относительно предыдущего на угол  $120^\circ$ , а угловая величина каждого дефлектора превышает  $120^\circ$ , так что в поперечном сечении реактора  
20 дефлекторы перекрывают друг друга.

При работе фотохимический реактор 1 располагается вертикально (фиг.1).

Конструкция фотохимического реактора позволяет располагать дефлекторы 17, 18 и 19 в различных местах. В конкретном примере выполнения устройства внутренний диаметр корпуса 9 фотохимического реактора, входной 10 и выходной 11 камер  
25 составляет 40 мм, расстояние между первым 17 и вторым 18 дефлекторами составляет 60 мм, между вторым 18 и третьим 19 дефлекторами - 140 мм, высота дефлекторов - 10 мм. Такое расположение дефлекторов обеспечивает оптимальные гидродинамические условия протекания жидкости в полости фотохимического реактора, исключаящие  
30 появление застойных зон и выравнивающие время нахождения элементарных объемов обрабатываемой жидкости в зоне облучения.

Высота дефлекторов выбирается путем расчета, подбора или экспериментов. Оптимальные значения высоты дефлекторов лежат внутри диапазона

$0,1 < h/d < 0,5$ , значения меньше 0,1 практически не дают какого-либо заметного эффекта в гидродинамике протекающей через реактор жидкости, а значения больше 0,5 приводят  
35 к чрезмерно сильному торможению жидкости и к частичному экранированию излучения газоразрядной лампы.

Дефлекторы могут выполняться из прозрачного для ультрафиолетового излучения материала, например, кварцевого стекла. Такое выполнение снижает потери излучения, что особенно заметно при сравнительно большой высоте дефлекторов.

40 Работа предлагаемого устройства для очистки ЖРО основана на использовании новой комбинированной плазменно-оптической технологии, суть которой заключается в воздействии на обрабатываемые ЖРО высокоинтенсивного импульсного ультрафиолетового излучения широкого спектрального состава в присутствии окислителей. Результат такого воздействия характеризуется синергетическим эффектом.

45 Предлагаемое устройство для очистки ЖРО работает следующим образом. ЖРО после предварительной стадии очистки и добавления окислителей (пероксид водорода, озон и др.) подаются на входное (нижнее) отверстие фотохимического реактора 1. Через входную камеру 10 обрабатываемый раствор поступает в зону облучения внутри

корпуса 9 и подвергается обработке высокоинтенсивным импульсным повторяющимся излучением широкого спектрального состава, вырабатываемым импульсной газоразрядной лампой 3. При этом обрабатываемая жидкость испытывает локальное торможения на установленных в пристеночной зоне дефлекторах 17, 18 и 19.

5 Расположение и высота дефлекторов подбираются (путем численного или физического моделирования) таким образом, чтобы обеспечить минимальный разброс времени нахождения каждого элементарного объема жидкости в зоне облучения. Под действием излучения импульсной газоразрядной лампы 3 в обрабатываемом растворе иницируются и интенсивно протекают фотоокислительные реакции, в результате  
10 которых ме-таллоорганические комплексы, содержащиеся в исходной жидкости с радиоактивными примесями, разрушаются. При этом за счет высокой интенсивности излучения в присутствии дополнительных окислителей фотохимические реакции осуществляются настолько быстро и глубоко, что выходящая из фотохимического реактора 1 жидкость оказывается очищенной от радиоактивных примесей.

15 Работа импульсной газоразрядной лампы 3 обеспечивается блоком питания 4 следующим образом. В начальный момент времени инертный газ, находящийся в герметичной колбе лампы 3, состоит из электрически нейтральных атомов, свободные носители заряда отсутствуют, и электрическое сопротивление между электродами лампы велико.

20 Схема управления 8 включает высоковольтный выпрямитель 6, который заряжает накопительный конденсатор 5 до тех пор, пока напряжение на нем не сравняется с опорным. В этот момент схема управления 8 выключает высоковольтный выпрямитель 6. Благодаря соединению блока питания 4 с лампой 3 разность потенциалов между обкладками конденсатора 5 через систему иницирования разряда 7 оказывается  
25 приложенной к электродам лампы 3.

Затем схема управления 8 вырабатывает импульс запуска системы иницирования разряда 7, которая вырабатывает высоковольтный импульс амплитудой 20-40 кВ. Импульс такой амплитуды вызывает электрический пробой межэлектродного промежутка, в котором появляются свободные носители заряда (электроны),  
30 приобретающие большую кинетическую энергию в электрическом поле межэлектродного промежутка. При соударении электронов с атомами инертного газа последние ионизируются, число носителей заряда увеличивается. В результате такого лавинообразного развития процесса разряда накопительного конденсатора 10 в трубке образуется высокотемпературная плазма ( $T \cong 10000-15000$  К), излучение которой  
35 характеризуется сплошным спектром высокой интенсивности. Импульс излучения прекращается по мере разряда конденсатора 5. В конкретных примерах выполнения длительность импульса излучения составляет от 50 до 250 мкс.

После окончания разряда конденсатора 5 условия для образования и разгона свободных носителей заряда в межэлектродном промежутке исчезают, плазма быстро  
40 остывает, инертный газ деионизируется, и устройство приходит в исходное состояние. В дальнейшем процесс повторяется благодаря работе схемы 12 управления, которая фактически синхронизирует работу остальных узлов и задает период повторения импульсов излучения.

В примере выполнения частота повторения импульсов составляла 10 Гц, расход  
45 обрабатываемой жидкости -  $0,5 \text{ м}^3/\text{час}$ . За время нахождения в зоне облучения каждый элементарный объем обрабатываемой жидкости облучался 12-14 раз.

Благодаря установке в корпусе 9 фотохимического реактора 1 дефлекторов 17, 18 и 19 удалось снизить разброс времени нахождения элементарных объемов жидкости в

зоне облучения до 20-30%, что на основании расчетов и экспериментов обеспечивает повышение эффективности очистки на 50-70%.

Предложенное устройство может быть использовано также для очистки жидких сред от растворенных органических загрязнений и для обеззараживания от патогенной микрофлоры.

#### (57) Реферат

Полезная модель относится к оборудованию для очистки жидкостных радиоактивных отходов, образующихся при работе реакторов атомных электростанций. Технический результат от использования предложенной полезной модели заключается в повышении эффективности очистки ЖРО. Устройство для очистки жидких радиоактивных отходов содержит фотохимический реактор с установленным в нем источником ультрафиолетового излучения в виде импульсной газоразрядной лампы и блок питания, подключенный к импульсной газоразрядной лампе, с накопительным конденсатором, зарядным устройством на основе преобразователя «напряжение - ток» и системой инициирования разряда в виде генератора высоковольтных импульсов. На торцах фотохимического реактора установлены входная и выходная камеры в виде цилиндра с герметичным дном, внутренние диаметры фотохимического реактора, входной и выходной камер равны между собой, а в пристеночной зоне внутри корпуса фотохимического реактора установлены по крайней мере три дефлектора, каждый из которых выполнен в виде незамкнутого кольцевого сегмента. 4 з.п. ф-лы, 3 ил.

25

30

35

40

45

## РЕФЕРАТ

### Устройство для очистки жидких радиоактивных отходов

Полезная модель относится к оборудованию для очистки жидкостных радиоактивных отходов, образующихся при работе реакторов атомных электростанций. Технический результат от использования предложенной полезной модели заключается в повышении эффективности очистки ЖРО. Устройство для очистки жидких радиоактивных отходов содержит фотохимический реактор с установленным в нем источником ультрафиолетового излучения в виде импульсной газоразрядной лампы и блок питания, подключенный к импульсной газоразрядной лампе, с накопительным конденсатором, зарядным устройством на основе преобразователя «напряжение – ток» и системой инициирования разряда в виде генератора высоковольтных импульсов. На торцах фотохимического реактора установлены входная и выходная камеры в виде цилиндра с герметичным дном, внутренние диаметры фотохимического реактора, входной и выходной камер равны между собой, а в пристеночной зоне внутри корпуса фотохимического реактора установлены по крайней мере три дефлектора, каждый из которых выполнен в виде незамкнутого кольцевого сегмента. 4 з. п. ф-лы, 3 ил.

**2012148592**



МПК G21 F 9/04, C 02 F 1/32

### **Устройство для очистки жидких радиоактивных отходов**

Полезная модель относится к оборудованию для фотохимической очистки жидких радиоактивных отходов (ЖРО), образующихся в виде загрязненных радиоактивными элементами растворов при дезактивации оборудования, а также при работе спецпрачечных.

Локализация, концентрирование и переработка таких отходов значительно упрощается после удаления или разрушения содержащихся в них комплексонов (этилендиаминтетраацетата натрия – ЭДТА, щавелевой, лимонной кислот и др.), синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), которые связывают радионуклиды и затрудняют их выделение традиционными физико-химическими методами.

Известно устройство для переработки ЖРО, применяемое для реализации способа переработки ЖРО по патенту RU 2273066 (МПК G21F9/06, опубликовано 27.03.2006). Известное устройство имеет сложную конструкцию, основано на использовании мембранных технологий, имеет ограниченный ресурс работы и невысокую эффективность очистки.

Известно также устройство для очистки и обеззараживания водных сред по патенту RU 2031850 (МПК C02F1/32, опубликовано 27.03.1995), принятое за прототип, содержащее фотохимический реактор в виде герметичного корпуса с входным и выходным отверстиями с установленным в нем электроразрядным источником ультрафиолетового излучения в виде импульсной газоразрядной лампы и блок питания, подключенный к импульсной газоразрядной лампе, с накопительным конденсатором, зарядным устройством на основе преобразователя «напряжение – ток» и системой иницирования разряда в виде генератора высоковольтных импульсов. Работа известного устройства основана на протекании в обрабатываемой жидкости фотохимических реакций, инициированных импульсным ультрафиолетовым излучением.

Недостатком известного устройства является ограниченная эффективность очистки. Это ограничение связано с тем, что течение обрабатываемой жидкости

в фотохимическом реакторе крайне неоднородно и траектории движения различных элементарных объемов сильно разнятся. В результате время нахождения в зоне облучения и, соответственно, полученная доза ультрафиолетового излучения для отдельных элементарных объемов обрабатываемой жидкости существенно различаются. В свою очередь, это приводит к разной скорости протекания фотохимических реакций и к разной достигаемой степени очистки отдельных элементарных объемов обрабатываемой жидкости, а выходной поток жидкости как суперпозиция множества элементарных объемов оказывается очищенным не полностью.

Технический результат от использования предложенной полезной модели заключается в повышении эффективности очистки ЖРО.

Указанный технический результат достигается тем, что в устройстве для очистки жидких радиоактивных отходов на торцах фотохимического реактора установлены входная и выходная камеры в виде цилиндра с герметичным дном, при этом внутренние диаметры фотохимического реактора, входной и выходной камер равны между собой, а в пристеночной зоне внутри корпуса фотохимического реактора установлены по крайней мере три дефлектора, каждый из которых выполнен в виде незамкнутого кольцевого сегмента, высота которого  $h$  выбирается из соотношения  $0,1 < h/d < 0,5$ , где  $d$  - внутренний диаметр фотохимического реактора.

В варианте выполнения устройства угловая ширина каждого из трех дефлекторов превышает 120 градусов, а каждый следующий дефлектор установлен относительно предыдущего с поворотом по радиальному углу на 120 градусов.

В другом варианте выполнения расстояние вдоль оси корпуса фотохимического реактора между первым и вторым дефлектором составляет  $1,2 \dots 1,6 d$ , расстояние между вторым и третьим дефлекторами составляет  $3 \dots 4 d$ .

Во внутренней полости фотохимического реактора могут быть установлены два кольцевых фланца, соединенных между собой шпильками, а дефлекторы выполнены с крепежными отверстиями, через которые пропущены шпильки, и закреплены с помощью гаек.

Кроме того, дефлекторы могут быть выполнены из прозрачного для ультрафиолетового излучения материала.

Взаимосвязь совокупности существенных признаков независимого пункта формулы полезной модели и достигаемого технического результата обусловлена тем, что установка на торцах фотохимического реактора входной и выходной камер, а также размещение внутри корпуса фотохимического реактора дефлекторов в виде незамкнутого кольцевого сегмента позволяет организовать такие гидродинамические условия течения обрабатываемой жидкости в зоне облучения, при которых время нахождения отдельно взятых и движущихся по различным траекториям элементарных объемов жидкости (а, следовательно, и полученные дозы облучения, и скорости фотохимических реакций и степень очистки в каждом элементарном объеме обрабатываемой жидкости) в значительной степени сближаются. Из-за этого общая эффективность очистки ЖРО повышается.

В зависимых пунктах формулы полезной модели приведены признаки, конкретизирующие наиболее оптимальную конструкцию устройства для очистки ЖРО для конкретного примера выполнения.

Полезная модель поясняется графическими материалами, где на фиг. 1 изображена блок-схема предлагаемого устройства, на фиг.2 приведен чертеж конструктивного выполнения фотохимического реактора устройства, на фиг. 3 изображена схема размещения дефлекторов в фотохимическом реакторе, где для наглядности корпус реактора не показан.

Устройство для очистки жидких радиоактивных отходов содержит (фиг. 1) фотохимический реактор 1 в виде герметичного корпуса 2 с входным и выходным отверстиями с установленным в нем электроразрядным источником ультрафиолетового излучения в виде импульсной газоразрядной лампы 3, электроды которой подключены к блоку питания 4. Прозрачная колба лампы заполнена инертным газом ксеноном. Блок питания 4 содержит накопительный конденсатор 5, зарядное устройство 6 на основе преобразователя «напряжение – ток», систему инициирования разряда 7 в виде генератора высоковольтных импульсов и схему управления 8.

Импульсная газоразрядная лампа 3 и накопительный конденсатор 5 образуют разрядный контур, с которым индуктивно связана система инициирования разряда 7. Такая связь осуществляется посредством, например, импульсного трансформатора (на чертеже не показан), входящего в состав генератора высоковольтных импульсов.

Зарядное устройство представляет собой выпрямитель с преобразователем «напряжение-ток», которое обеспечивает заряд накопительного конденсатора ёмкостью 100-400 мкФ до напряжения 1,1 – 4 кВ. Генератор высоковольтных импульсов системы инициирования разряда 7 представляет собой формирователь импульсов амплитудой 20-40 кВ, длительностью 1-10 мкс и частотой повторения от 1 до 10 Гц, определяемой схемой 8 управления.

Схема управления 8 содержит генератор тактовых импульсов, задающий частоту повторения импульсов излучения, источник опорного напряжения, компаратор, сравнивающий напряжение между обкладками накопительного конденсатора 5 с опорным напряжением, органы управления, позволяющие устанавливать необходимые для конкретного использования значения частоты повторения импульсов и энергии, запасаемой накопительным конденсатором 5.

Фотохимический реактор (фиг. 2) выполнен в виде цилиндрического корпуса 9, к торцам которого через уплотняющие прокладки прикреплены входная 10 и выходная 11 камеры, каждая из которых выполнена в виде сварного стакана с фланцем. Фланцы входной 10 и выходной 11 камер стягиваются между собой наружными шпильками 12, что обеспечивает жесткость и герметичность конструкции. В камерах 10 и 11 имеются входное и выходное отверстия соответственно. Внутренние диаметры корпуса 9 и камер 10, 11 равны между собой.

Импульсная газоразрядная лампа 3 установлена на оси фотохимического реактора с помощью изоляторов 13, закрепленных через уплотнения на торцевых стенках входной 10 и выходной 11 камер.

В корпусе 9 фотохимического реактора установлены кольцевые фланцы 14, 15, соединенные между собой внутренними шпильками 16, на которых с помощью гаек закреплены первый 17, второй 18 и третий 19 дефлекторы, при этом

каждый последующий дефлектор развернут относительно предыдущего на угол  $120^\circ$ , а угловая величина каждого дефлектора превышает  $120^\circ$ , так что в поперечном сечении реактора дефлекторы перекрывают друг друга.

При работе фотохимический реактор 1 располагается вертикально (фиг. 1).

Конструкция фотохимического реактора позволяет располагать дефлекторы 17, 18 и 19 в различных местах. В конкретном примере выполнения устройства внутренний диаметр корпуса 9 фотохимического реактора, входной 10 и выходной 11 камер составляет 40 мм, расстояние между первым 17 и вторым 18 дефлекторами составляет 60 мм, между вторым 18 и третьим 19 дефлекторами – 140 мм, высота дефлекторов – 10 мм. Такое расположение дефлекторов обеспечивает оптимальные гидродинамические условия протекания жидкости в полости фотохимического реактора, исключая появление застойных зон и выравнивающие время нахождения элементарных объемов обрабатываемой жидкости в зоне облучения.

Высота дефлекторов выбирается путем расчета, подбора или экспериментов. Оптимальные значения высоты дефлекторов лежат внутри диапазона

$0,1 < h/d < 0,5$ , значения меньше 0,1 практически не дают какого-либо заметного эффекта в гидродинамике протекающей через реактор жидкости, а значения больше 0,5 приводят к чрезмерно сильному торможению жидкости и к частичному экранированию излучения газоразрядной лампы.

Дефлекторы могут выполняться из прозрачного для ультрафиолетового излучения материала, например, кварцевого стекла. Такое выполнение снижает потери излучения, что особенно заметно при сравнительно большой высоте дефлекторов.

Работа предлагаемого устройства для очистки ЖРО основана на использовании новой комбинированной плазменно-оптической технологии, суть которой заключается в воздействии на обрабатываемые ЖРО высокоинтенсивного импульсного ультрафиолетового излучения широкого спектрального состава в присутствии окислителей. Результат такого воздействия характеризуется синергетическим эффектом.

Предлагаемое устройство для очистки ЖРО работает следующим образом. ЖРО после предварительной стадии очистки и добавления окислителей (пероксид водорода, озон и др.) подаются на входное (нижнее) отверстие фотохимического реактора 1. Через входную камеру 10 обрабатываемый раствор поступает в зону облучения внутри корпуса 9 и подвергается обработке высокоинтенсивным импульсным повторяющимся излучением широкого спектрального состава, вырабатываемым импульсной газоразрядной лампой 3. При этом обрабатываемая жидкость испытывает локальное торможения на установленных в пристеночной зоне дефлекторах 17, 18 и 19. Расположение и высота дефлекторов подбираются (путем численного или физического моделирования) таким образом, чтобы обеспечить минимальный разброс времени нахождения каждого элементарного объема жидкости в зоне облучения. Под действием излучения импульсной газоразрядной лампы 3 в обрабатываемом растворе инициируются и интенсивно протекают фотоокислительные реакции, в результате которых металлоорганические комплексы, содержащиеся в исходной жидкости с радиоактивными примесями, разрушаются. При этом за счет высокой интенсивности излучения в присутствии дополнительных окислителей фотохимические реакции осуществляются настолько быстро и глубоко, что выходящая из фотохимического реактора 1 жидкость оказывается очищенной от радиоактивных примесей.

Работа импульсной газоразрядной лампы 3 обеспечивается блоком питания 4 следующим образом. В начальный момент времени инертный газ, находящийся в герметичной колбе лампы 3, состоит из электрически нейтральных атомов, свободные носители заряда отсутствуют, и электрическое сопротивление между электродами лампы велико.

Схема управления 8 включает высоковольтный выпрямитель 6, который заряжает накопительный конденсатор 5 до тех пор, пока напряжение на нем не сравняется с опорным. В этот момент схема управления 8 выключает высоковольтный выпрямитель 6. Благодаря соединению блока питания 4 с лампой 3 разность потенциалов между обкладками конденсатора 5 через систему иницирования разряда 7 оказывается приложенной к электродам лампы 3.

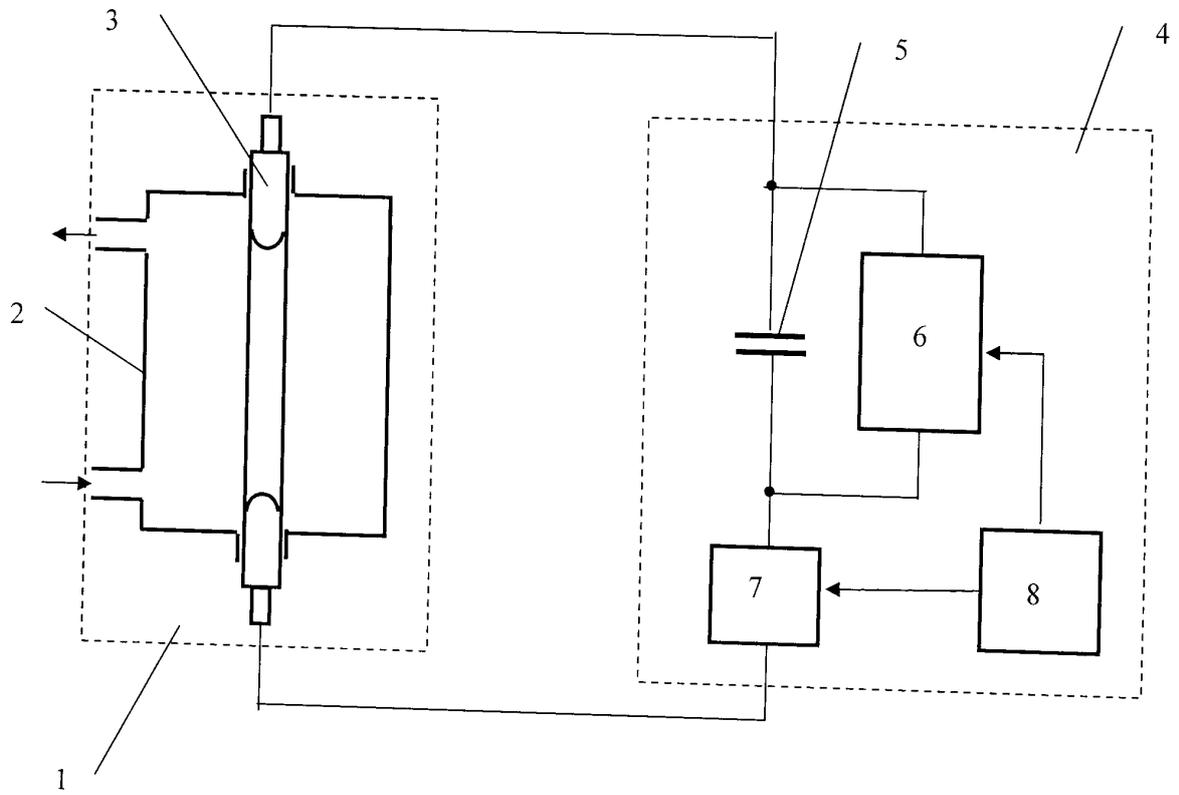
Затем схема управления 8 вырабатывает импульс запуска системы иницирования разряда 7, которая вырабатывает высоковольтный импульс амплитудой 20-40 кВ. Импульс такой амплитуды вызывает электрический пробой межэлектродного промежутка, в котором появляются свободные носители заряда (электроны), приобретающие большую кинетическую энергию в электрическом поле межэлектродного промежутка. При соударении электронов с атомами инертного газа последние ионизируются, число носителей заряда увеличивается. В результате такого лавинообразного развития процесса разряда накопительного конденсатора 10 в трубке образуется высокотемпературная плазма ( $T \cong 10000-15000$  К), излучение которой характеризуется сплошным спектром высокой интенсивности. Импульс излучения прекращается по мере разряда конденсатора 5. В конкретных примерах выполнения длительность импульса излучения составляет от 50 до 250 мкс.

После окончания разряда конденсатора 5 условия для образования и разгона свободных носителей заряда в межэлектродном промежутке исчезают, плазма быстро остывает, инертный газ деионизируется, и устройство приходит в исходное состояние. В дальнейшем процесс повторяется благодаря работе схемы 12 управления, которая фактически синхронизирует работу остальных узлов и задает период повторения импульсов излучения.

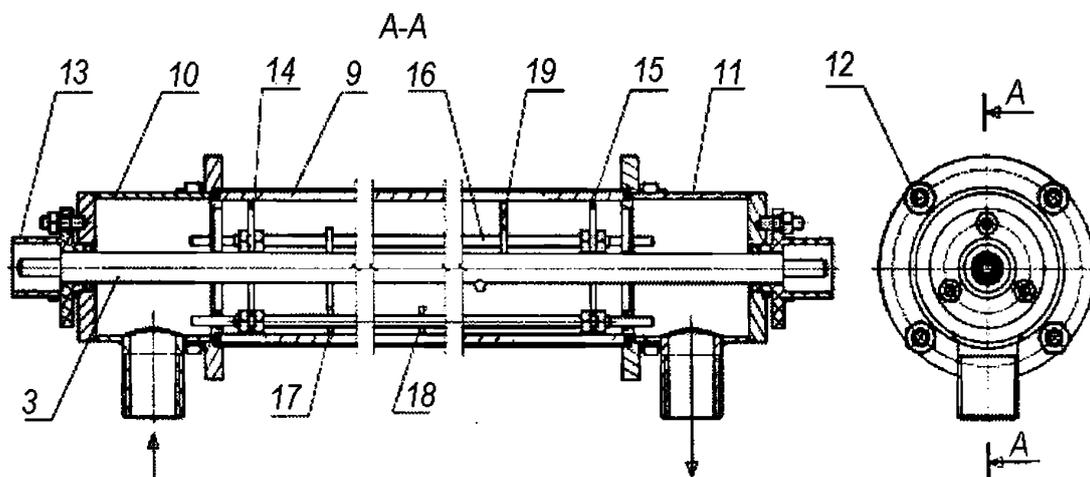
В примере выполнения частота повторения импульсов составляла 10 Гц, расход обрабатываемой жидкости –  $0,5 \text{ м}^3 / \text{час}$ . За время нахождения в зоне облучения каждый элементарный объем обрабатываемой жидкости облучался 12 - 14 раз.

Благодаря установке в корпусе 9 фотохимического реактора 1 дефлекторов 17, 18 и 19 удалось снизить разброс времени нахождения элементарных объемов жидкости в зоне облучения до 20 -30 %, что на основании расчетов и экспериментов обеспечивает повышение эффективности очистки на 50 – 70 %.

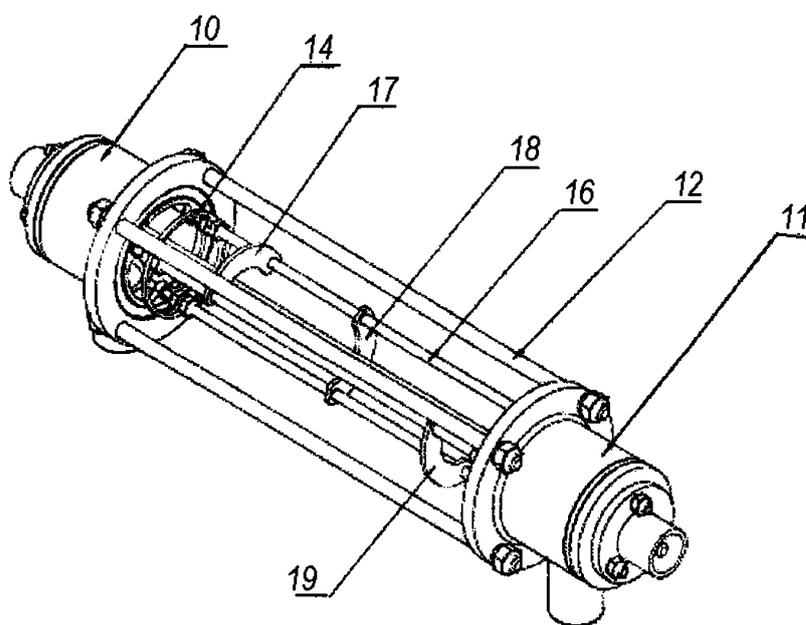
Предложенное устройство может быть использовано также для очистки жидких сред от растворенных органических загрязнений и для обеззараживания от патогенной микрофлоры.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3