



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G21F 9/04 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2016150461, 21.12.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
21.12.2016Дата регистрации:  
19.01.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 21.12.2016

(45) Опубликовано: 19.01.2018 Бюл. № 2

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦЗИС, для Архипова  
В.П. (НИИ ЭМ)

(72) Автор(ы):

Архипов Владимир Павлович (RU),  
Камруков Александр Семенович (RU),  
Малков Кирилл Ильич (RU),  
Новиков Дмитрий Олегович (RU),  
Яловик Михаил Степанович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

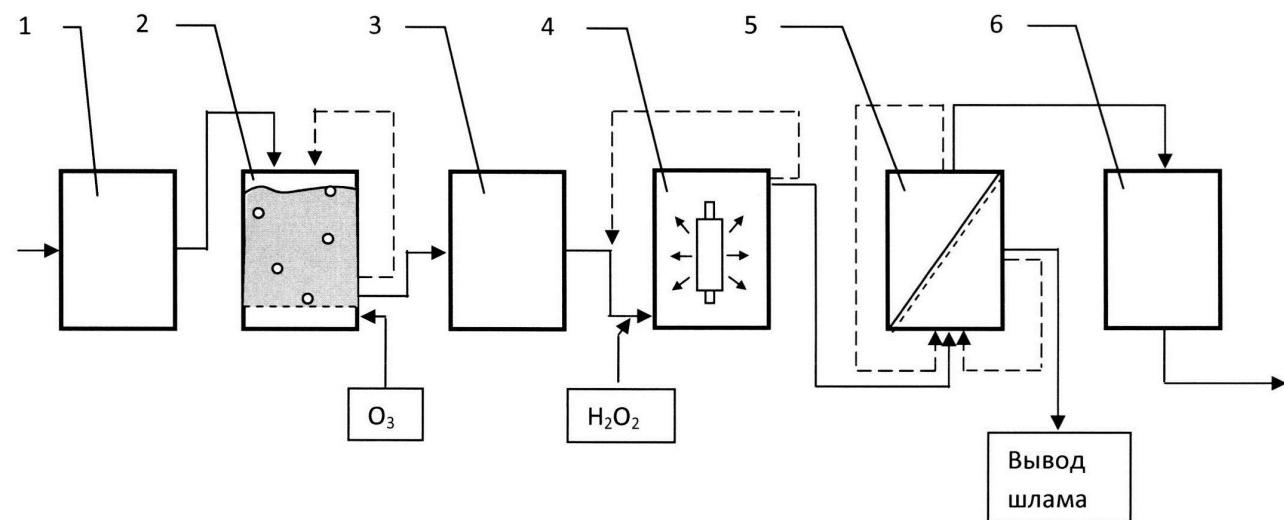
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Московский государственный  
технический университет имени Н.Э.  
Баумана (национальный исследовательский  
университет)" (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2560837 C2, 20.08.2015. RU  
2566815 C1, 27.10.2015. RU 2467419 C1,  
20.11.2012. FR 2459536 A, 09.01.1981. CN  
105118540 A, 02.12.2015.

(54) Способ очистки жидких радиоактивных отходов и устройство для его осуществления

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к области ядерной энергетики. Способ очистки жидких радиоактивных отходов (ЖРО) предусматривает предварительную фильтрацию, озонирование, дозированное введение в кубовый остаток ЖРО перекиси водорода, обработку кубового остатка импульсным ультрафиолетовым излучением сплошного спектра, микрофильтрацию с отделением шлама, содержащего радиоактивный кобальт, железо, марганец, и сорбцию для

удаления радиоактивного цезия. Обработку кубового остатка ЖРО импульсами ультрафиолетового излучения совмещают с воздействием импульсного магнитного поля напряженностью, при этом импульсы ультрафиолетового излучения и импульсы магнитного поля формируют синхронно. Имеется также устройство для осуществления способа очистки ЖРО. Группа изобретений позволяет повысить степень очистки ЖРО. 2 н.п. ф-лы, 3 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*G21F 9/04* (2006.01)(21)(22) Application: **2016150461, 21.12.2016**(24) Effective date for property rights:  
**21.12.2016**Registration date:  
**19.01.2018**

Priority:

(22) Date of filing: **21.12.2016**(45) Date of publication: **19.01.2018** Bull. № 2

Mail address:

**105005, Moskva, ul. 2-ya Baumanskaya, 5, str. 1,  
MG TU im. N.E. Bauman, TSZIS, dlya Arkhipova  
V.P. (NII EM)**

(72) Inventor(s):

**Arkhipov Vladimir Pavlovich (RU),  
Kamrukov Aleksandr Semenovich (RU),  
Malkov Kirill Ilich (RU),  
Novikov Dmitrij Olegovich (RU),  
Yalovik Mikhail Stepanovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj  
tekhnicheskij universitet imeni N.E. Bauman  
(natsionalnyj issledovatel'skij universitet)"  
(MG TU im. N.E. Bauman) (RU)**(54) **METHOD OF PURIFYING LIQUID RADIOACTIVE WASTES AND DEVICE FOR ITS IMPLEMENTATION**

(57) Abstract:

FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: method of purifying liquid radioactive wastes (LRW) provides preliminary filtration, ozonation, dosed introduction to the distillation residue of LRW hydrogen peroxide, processing the distillation residue by impulse UV radiation of continuous spectrum of the microfiltration with the separation of sludge containing radioactive cobalt, iron, manganese, and sorption for removal of

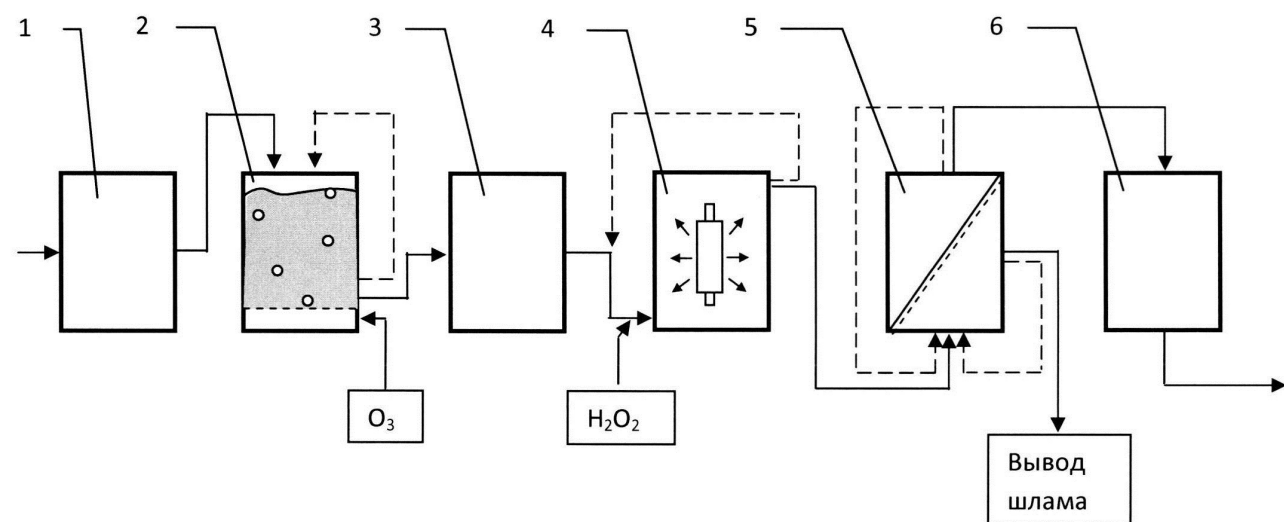
radioactive cesium. Processing of the distillation residue with the LRW pulses of UV radiation is combined with exposure to pulsed magnetic field of tension, wherein the pulses of UV radiation and magnetic field pulses are formed synchronously. There is also a device for implementing a method of purifying LRW.

EFFECT: increasing the degree of purification of liquid radioactive waste.

2 cl, 3 dwg

RU 2 641 656 C1

RU 2 641 656 C1



Фиг. 1

RU 2641656 C1

RU 2641656 C1

Изобретение относится к области ядерной энергетики и касается, в частности, вопросов обращения с жидкими радиоактивными отходами (ЖРО), образующимися при работе атомных электростанций (АЭС), и может быть использовано для обработки загрязненных радиоактивными элементами растворов при дезактивации оборудования, при работе спецпрачечных, при переработке кубовых остатков (КО) выпарных аппаратов установок переработки трапных вод АЭС. В процессе эксплуатации АЭС неизбежно образование жидких отходов, содержащих радиоактивные элементы в количествах, не допускающих их сброс в окружающую среду. Одним из источников попадания радионуклидов в отходы является промывка контура для удаления отложений продуктов коррозии с его поверхности. Загрязненные радионуклидами поверхности требуют периодической их дезактивации. Дезактивации подлежат помещения, оборудование, одежда и персонал. Дезактивацию проводят водой с различными моющими добавками. Растворы после дезактивации, загрязненные радионуклидами, представляют собой радиоактивные отходы.

Основными загрязняющими радионуклидами в ЖРО являются изотопы  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ . Изотопы цезия находятся в растворе в ионном виде. Изотоп  $^{60}\text{Co}$  - в форме комплексонов с соединениями, используемыми для дезактивации оборудования, такими как этилендиаминтетрауксусная кислота (ЭДТА), щавелевая кислота, полифосфаты и др. Поэтому для выделения этого радионуклида из раствора необходимо не только полностью разрушить эти комплексоны, но и создать условия для эффективного соосаждения изотопа  $^{60}\text{Co}$  в виде шлама, который должен направляться на временное хранение в железобетонные облицованные емкости. Применяемый в настоящее время метод переработки ЖРО основан в основном на использовании мембранной и ионоселективной технологий с последующей сушкой образующихся нерадиоактивных солей. Выделенные и сконцентрированные радионуклиды и механические примеси подлежат кондиционированию (переводу в необратимое состояние) методом цементирования.

Очистка ЖРО затруднена тем, что отдельные радиоактивные элементы, такие как  $^{60}\text{Co}$ , присутствующие в таких водах, находятся, как правило, не в ионной форме, которая хорошо утилизируется ионообменными смолами, а в виде металлоорганических комплексов.

Металлоорганические комплексы с содержащимися в них радиоактивными элементами не улавливаются традиционными фильтрующими материалами. Содержащиеся в них радиоактивные элементы не выпадают в осадок при ионоселективном осаждении.

Основной целью обработки жидких радиоактивных отходов является максимально возможное снижение объема радиоактивных отходов, подлежащих последующему захоронению.

Известен способ разрушения органических комплексов  $^{60}\text{Co}$  озонированием (патент RU 2268513 (МПК G21F 9/06, G21F 9/20, опубл. 20.01.2006)). Процесс ведут при значении pH 12...13,5. Образующийся при этом радиоактивный шлам, состоящий в основном из гидроокисей железа и переходных металлов и содержащий основную часть  $^{60}\text{Co}$ , отделяют фильтрацией. Фильтрат затем очищают от изотопов цезия, пропуская через фильтр с ионоселективным к цезию неорганическим сорбентом.

Недостатками известного способа являются: невысокая эффективность выделения в шлам активированных продуктов коррозии, обусловленная неспособностью озона

разрушить оксалаты переходных металлов и полифосфатные комплексы, а также потенциальная опасность использования озона как сильнодействующего вещества и высокая себестоимость, обусловленная высоким расходом реагента (10 кг озона на 1 м<sup>3</sup> кубового остатка) и электроэнергии.

Известен также способ очистки кубовых остатков жидких радиоактивных отходов от радиоактивного кобальта и цезия по патенту RU 2467419 (МПК G21F 9/30, опубл. 20.11.2012), согласно которому предусмотрено дозированное введение в кубовый остаток ЖРО перекиси водорода, обработку кубового остатка ультрафиолетовым (УФ) излучением ксеноновой лампы при значении pH раствора 7...10 и температуре 45...98°C, микрофильтрацию с отделением шлама, содержащего радиоактивный кобальт, железо, марганец, и сорбцию для удаления радиоактивного цезия. Замена озонирования на дозированное введение в обрабатываемый раствор ЖРО перекиси водорода упрощает и удешевляет известный способ по отношению к аналогам.

Однако у известного способа очистки ЖРО недостатком является невысокая эффективность очистки. Указанный недостаток является следствием того, что для инициирования фотохимических процессов используется жесткое УФ излучение, вырабатываемое ксеноновой эксимерной лампой непрерывного режима работы. Излучение такой лампы обладает узкополосным (квазимонохроматическим) спектром и низкой интенсивностью, что обуславливает невысокую эффективность инициирования фотохимических реакций и очень ограниченное число возможных фотохимических реакций (реализуются лишь такие процессы, для которых энергия электронных связей между ионами в составе металлоорганических комплексов ЖРО совпадает или близка к энергии квантов генерируемого эксимерной лампой излучения).

Известен также способ очистки жидких радиоактивных отходов по патенту RU 2560837 C2 (МПК G21F 9/00, опубл. 20.08.2015), принятый за прототип, предусматривающий предварительную фильтрацию, озонирование, дозированное введение в кубовый остаток жидких радиоактивных отходов перекиси водорода, обработку кубового остатка импульсным ультрафиолетовым излучением сплошного спектра с длительностью импульсов 10...500 мкс и интегральной плотностью излучения в спектральном диапазоне 190...300 нм не менее  $1 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>, микрофильтрацию с отделением шлама, содержащего радиоактивный кобальт, железо, марганец, и сорбцию для удаления радиоактивного цезия,

Известно также устройство для реализации указанного способа (см. там же), содержащее предварительный фильтр, контактную камеру озонирования противоточного типа, промежуточный фильтр, блок фотохимического реактора с импульсной ксеноновой лампой, накопительным конденсатором, зарядным устройством, блоком поджига и схемой управления, а также микрофильтр и сорбционный фильтр. Накопительный конденсатор, импульсная ксеноновая лампа и блок поджига соединены между собой в виде последовательного разрядного контура,

Однако у известного способа очистки ЖРО и соответствующего устройства имеются недостатки: высокие энергозатраты на разрушение комплексов кобальта, вплоть до их полной минерализации, и недостаточная степень извлечения радиоактивного кобальта из раствора в виде шлама.

Задача, решаемая настоящим изобретением, заключается в повышении эффективности и производительности процесса очистки ЖРО от радионуклидов и активированных продуктов коррозии.

Техническим результатом от использования предлагаемого технического решения является повышение степени очистки ЖРО.

Указанный технический результат достигается за счет того, что предложен способ очистки жидких радиоактивных отходов (ЖРО), который предусматривает предварительную фильтрацию, озонирование, дозированное введение в кубовый остаток жидких радиоактивных отходов перекиси водорода, обработку кубового остатка импульсным ультрафиолетовым излучением сплошного спектра с длительностью импульсов 10...500 мкс и интегральной плотностью излучения в спектральном диапазоне 190...300 нм не менее  $1 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>, микрофильтрацию с отделением шлама, содержащего радиоактивный кобальт, железо, марганец, и сорбцию для удаления радиоактивного цезия. При этом обработку кубового остатка ЖРО импульсами ультрафиолетового излучения совмещают с воздействием импульсного магнитного поля напряженностью не менее 4 кЭ, причем импульсы ультрафиолетового излучения и импульсы магнитного поля формируют синхронно.

Также указанный технический результат достигается за счет того, что предложено устройство для осуществления предложенного способа, которое содержит предварительный фильтр, контактную камеру озонирования противоточного типа, промежуточный фильтр, блок фотохимического реактора с импульсной ксеноновой лампой, накопительным конденсатором, зарядным устройством, блоком поджига и схемой управления, микрофильтр и сорбционный фильтр. Накопительный конденсатор, импульсная ксеноновая лампа и блок поджига соединены между собой в виде последовательного разрядного контура. При этом в разрядный контур дополнительно введен соленоид, намотанный на корпусе фотохимического реактора, причем корпус фотохимического реактора выполнен из немагнитного материала.

Изобретение поясняется графическими материалами, где на фиг. 1 изображена укрупненная блок-схема устройства для очистки ЖРО, на фиг. 2 более подробно показано конструктивное выполнение блока фотохимического реактора, на фиг. 3 - зависимость степени извлечения <sup>60</sup>Со с осадком гидроксида железа от количества импульсов УФ излучения при облучении раствора без магнитного поля и при наличии импульсного магнитного поля, синхронного с импульсным УФ излучением.

Устройство для очистки ЖРО содержит предварительный фильтр 1 на основе сетчатого фильтрующего материала, контактную камеру 2 противоточного типа для озонирования, промежуточный фильтр 3, в качестве которого могут быть использованы различные конструкции микрофильтров. Блок фотохимического реактора 4 с импульсной ксеноновой лампой в качестве источника УФ излучения высокой интенсивности и широкого спектрального состава, микрофильтр 5 тангенциальной очистки из полимера пространственно-глобулярной структуры и сорбционный фильтр 6, выполненный по технологии ступенчатой противоточной сорбции на ферроцианиде никеля.

Конструкция контактной камеры 2 противоточного типа обеспечивает противоположные направление движения газовых пузырьков с озоном и направление потока ЖРО. Для этого озон с помощью эжектора подают в нижнюю часть контактной камеры, отделенной от реакционной зоны мелкоячеистой сеткой, а поток ЖРО направляют сверху. При такой организации потоков по мере подъема пузырей с озоном по всей высоте камеры реализуются наилучшие условия для растворения озона и высокая эффективность использования озона для окисления содержащихся в кубовом остатке ЖРО радиоактивных комплексов.

Блок фотохимического реактора 4 выполнен следующим образом.

Собственно фотохимический реактор представляет собой корпус 7 из немагнитного материала с входным и выходным патрубками, в котором герметично установлена импульсная ксеноновая лампа 8 трубчатой конструкции. На корпус 7 намотан соленоид

9. В примере выполнения соленоид содержит 58 витков изолированного медного провода сечением  $6 \text{ мм}^2$ , длина обмотки 330 мм, диаметр 80 мм, индуктивность около 92 мкГн.

Работу импульсной ксеноновой лампы 8 обеспечивает блок питания 10, в состав которого входят зарядное устройство 11, накопительный конденсатор 12, блок поджига 13 и схема управления 14.

Зарядное устройство 11 представляет собой высоковольтный выпрямитель и может быть реализовано в различных вариантах, например по схеме AC/DC преобразователя, работающего на емкостную нагрузку.

Блок поджига 13 также может быть выполнен по-разному, например в виде импульсного повышающего трансформатора, вторичная повышающая обмотка которого вместе с накопительным конденсатором 12, импульсной ксеноновой лампой 8 и соленоидом 9 образует замкнутый разрядный контур.

Схема управления 14 обеспечивает согласованную и синхронизированную работу остальных компонентов блока питания в циклическом режиме «заряд-разряд».

Последовательность операций, составляющих техническую сущность предложенного способа, и работа предложенного устройства, будут понятны из следующего описания.

Исходный кубовый остаток ЖРО поступает на предварительный фильтр 1 на основе сетчатого фильтрующего материала, где фильтруются балластные компоненты минеральной и органической природы во взвешенном состоянии.

После предварительной фильтрации раствор ЖРО подается в контактную камеру 2 противоточного типа с высокой эффективностью использования озона для окисления содержащихся в кубовом остатке ЖРО радиоактивных комплексов.

После окислительной обработки озоном проводится промежуточная фильтрация - удаление образовавшихся шламов на промежуточном фильтре 3, в качестве которого могут быть использованы различные конструкции микрофильтров. На стадии предварительной фильтрации раствор ЖРО существенно очищается и осветляется, что создает предпосылки для эффективности последующих этапов обработки.

Далее в поток ЖРО дозированно вводят перекись водорода и направляют полученную смесь в блок фотохимического реактора 4 с импульсной ксеноновой лампой в качестве источника УФ излучения высокой интенсивности и широкого спектрального состава.

Работа блока фотохимического реактора 4 осуществляется следующим образом.

По команде схемы управления 14 зарядное устройство 11 заряжает накопительный конденсатор 12, при этом напряжение заряда контролируется схемой управления 14.

При достижении заданного значения напряжения на конденсаторе 12 (определяется по срабатыванию соответствующим образом настроенного компаратора в схеме управления) зарядное устройство 11 выключается, а конденсатор 12 оказывается заряженным до напряжения  $U$ . По команде схемы управления 14 включается блок поджига 13, который вырабатывает импульс поджига высокого напряжения ( $\sim 20 \dots 30 \text{ кВ}$ ), прикладываемый к электродам импульсной ксеноновой лампы 8. Межэлектродный промежуток лампы пробивается, и начинается разряд накопительного конденсатора 12 через импульсную ксеноновую лампу 8. При этом разрядный ток последовательно протекает от положительной обкладки накопительного конденсатора 12 через лампу 8, соленоид 9, вторичную обмотку импульсного трансформатора блока поджига 13 на отрицательную обкладку накопительного конденсатора 12. Путь разрядного тока показан на фиг. 2 пунктирными стрелками.

Далее процессы заряда и разряда циклически повторяются. Частота повторения разрядных импульсов составляет  $1 \dots 20 \text{ Гц}$ .



Разряд конденсатора 12 в среде ксенона приводит к образованию высокотемпературной интенсивно излучающей плазмы. Интегральная плотность излучения в спектральном диапазоне 190...300 нм составляет не менее  $1 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>.

Излучение лампы 8 попадает на протекающий в корпусе 7 фотохимического раствора ЖРО с пероксидом водорода и инициирует в нем фотохимические реакции окисления. Направление потока раствора ЖРО на фиг. 2 показано сплошными стрелками.

За счет протекания разрядного тока через соленоид 9 внутри корпуса 7 фотохимического реактора создается импульсное продольное магнитное поле, причем импульсы УФ излучения и импульсы магнитного поля синхронны во времени. В примере выполнения максимум разрядного тока составляет 4...5 кА, максимум напряженности магнитного поля составляет 8...10 кЭ.

В фотохимическом реакторе 4 за счет одновременного воздействия на раствор ЖРО мощного импульсного непрерывного по спектру УФ излучения и синхронного с ним импульсного магнитного поля высокой напряженности одновременно происходят несколько процессов:

1) непосредственная деструкция растворенных органических соединений и комплексов, при этом за счет широкого спектра излучения возбуждается множество фотохимических реакций разложения, резонансные частоты разрушаемых связей соответствуют длинам волн, лежащим в спектральном диапазоне по крайней мере 190...300 нм (реализуются все процессы с диапазоном энергий электронных связей между ионами в составе металлоорганических комплексов ЖРО, соответствующим диапазону энергий квантов с таким диапазоном длин волн);

2) под действием мощного УФ излучения в предварительно очищенном и осветленном растворе ЖРО перекись водорода  $H_2O_2$  эффективно разлагается на радикалы ОН, обладающие высоким окислительным потенциалом;

3) радикалы ОН вступают в окислительную реакцию с остатками органических веществ и комплексов в составе ЖРО;

4) под действием импульсного магнитного поля омагниченная вода в растворах ЖРО становится структурированной. В ней увеличивается скорость химических окислительных реакций радикалов ОН и, следовательно, повышаются эффективность и производительность процесса очистки ЖРО от радионуклидов и активированных продуктов коррозии;

5) под действием импульсного магнитного поля происходит увеличение размеров коллоидных частиц в растворах ЖРО, что способствует увеличению скорости соосаждения изотопа  $^{60}Co$  из раствора после окисления комплексонов.

Аналогично стадии озонирования облучение мощным импульсным УФ излучением широкого спектрального состава может осуществляться как в одном проходе ЖРО через фотохимический реактор 4, так и в процессе многократных проходов через реактор в циркуляционном режиме, а также при прохождении через цепочку последовательно включенных однотипных фотохимических реакторов.

После синхронной обработки импульсным УФ излучением широкого спектрального состава и импульсами магнитного поля ЖРО с продуктами химического и фотохимического окисления подвергают микрофльтрации на микрофилт্রে 5 тангенциальной очистки из полимера пространственно-глобулярной структуры. Филт্রেэлемент микрофилт্রে 5 размещен внутри многослойного рулонного филт্রে из высокопористого ячеистого металла с нанесенными на поверхность пор специальными полимерными покрытиями с коалесцирующим действием.

Концентрат в виде шлама радиоактивных отходов выводится либо для захоронения, либо при необходимости повышения степени концентрации выводимого шлама и уменьшения его объема для повторного микрофильтрования в циркуляционном режиме или через последовательно установленные однотипные микрофильтры.

5 Отфильтрованный от продуктов фотохимического разложения раствор ЖРО в зависимости от особенностей исходного состава и концентрации загрязнений также может подвергаться повторному микрофильтрованию в циркуляционном режиме или через последовательно установленные однотипные микрофильтры.

10 Затем отфильтрованный поток ЖРО поступает на сорбционный фильтр 6, выполненный по технологии ступенчатой противоточной сорбции на ферроцианиде никеля. Возможно также использование порошковых ионоселективных сорбентов.

Сгущенные пульпы и шламы подаются в емкости приема и временного хранения отработавших фильтроматериалов для их последующего совместного цементирования, либо непосредственно в промежуточные емкости на установку цементирования ЖРО 15 гетерогенного состава, сухие гранулированные соли в мешках можно направлять на хранение в хранилища ангарного типа, либо на полигон промышленных отходов как химические отходы.

Таким образом, предложенный способ обеспечивает высокую эффективность и производительность процесса очистки ЖРО за счет использования комбинированной 20 многооперационной технологии с использованием импульсного магнитного поля, обеспечивающей получение синергетического результата. При этом предлагаемая технология обеспечивает значительную гибкость в части возможности использования многократного повторения основных воздействующих факторов (озонирование, обработка импульсным УФ излучением сплошного спектра, микрофильтрация) в 25 многопроходном циркуляционном режиме или через последовательно включенные однотипные компоненты технологической схемы.

Эффективность предложенных способа очистки ЖРО и устройства для его осуществления подтверждаются следующими примерами реализации.

Пример №1. Для проверки влияния импульсного магнитного поля на степень 30 разложения ЭДТА под действием облучения импульсной ксеноновой лампы в комбинированном процессе УФ+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> был проведен эксперимент, в котором облучение раствора, содержащего ЭДТА с начальной концентрацией 145 мг/л и пероксид водорода с концентрацией 3 г/л проводилось в присутствии импульсного магнитного поля напряженностью 4 кЭ и длительностью 110 мкс и в отсутствии такового. Фотохимический 35 реактор представлял собой кварцевую трубу, зажатую между фланцами посредством шпилек. По оси реактора установлена лампа ИНП 7/120. Зазор между лампой и кварцевой трубой 25 мм. Фотохимический реактор размещался внутри соленоида длиной 280 мм и внутренним диаметром 70 мм.

40 Лампа работала в режиме: энергия в импульсе 180 Дж, длительность импульса 110 мкс, частота следования 2 Гц. Работа проводилась в циркуляционном прямоточном режиме с производительностью 200 л/ч.

Результаты испытаний приведены в таблице 1, из которой видно, что магнитное поле в значительной степени увеличивает степень деструкции ЭДТА под действием излучения импульсной ксеноновой лампы в комбинированном процессе УФ+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

45

Таблица 1. – Деструкции ЭДТА при облучении импульсной ксеноновой лампой в комбинированном процессе УФ+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в присутствии магнитного поля

Время облучения, мин	Удельная доза УФ излучения, Вт*ч/м <sup>3</sup>	Без магнитного поля		В присутствии магнитного поля	
		Концентрация ЭДТА, мг/л	Степень деструкции ЭДТА, %	Концентрация ЭДТА, мг/л	Степень деструкции ЭДТА, %
0	0	145	0	145	0
1,5	42	72	50	10	93
3	84	46	70	5	96
4,5	126	20	86	3	98
6	168	12	90	2	99
7,5	210	1	99	0	100

Пример №2. Для проверки влияния импульсного магнитного поля на степень удаления радионуклида <sup>60</sup>Со из раствора после его облучения импульсным широкополосным УФ излучением был проведен эксперимент, в котором облучение раствора с комплексом кобальта проводилось в присутствии импульсного магнитного поля напряженностью 4 кЭ и длительностью 110 мкс. Раствор содержал ЭДТА с начальной концентрацией 15 мг/л и пероксид водорода с концентрацией 3 г/л. Для определения степени удаления радионуклида <sup>60</sup>Со из раствора после его облучения поступали следующим образом: к 20 мл обработанного раствора добавляли метку <sup>60</sup>Со и выдерживали в течение 16 часов до установления радиохимического равновесия. Затем, при перемешивании добавляли раствор хлорида железа (III) и 1М раствор гидроксида натрия до достижения pH в диапазоне от 11,7 до 11,8. Концентрация осадка гидроксида железа составляла 100 мг/л (в пересчете на Fe(OH)<sub>3</sub>). Полученный осадок фильтровали через бумажный фильтр «синяя лента» и в фильтрате определяли удельную активность радионуклида <sup>60</sup>Со на гамма-радиометре универсального спектрометрического комплекса (УСК) «Прогресс 2000».

По полученным данным рассчитывали степень извлечения ( $\alpha$ ) <sup>60</sup>Со по формуле:  

$$\alpha = (1 - A_0/A_{\phi}) \times 100\%,$$

где A<sub>0</sub>, A<sub>φ</sub> - удельная активность радионуклида <sup>60</sup>Со в исходном растворе и в фильтрате соответственно, Бк/см<sup>3</sup>. Эксперимент проводили в отсутствии магнитного поля (кривая 1 на рисунке 4) и при наличии импульсного магнитного поля, синхронного с импульсным УФ излучением (кривая 2 на рис. 3).

Экспериментальные результаты представлены на фиг. 3, где кривая 1 соответствует воздействию импульсного УФ излучения, а кривая 2 - одновременному синхронному воздействию импульсного УФ излучения и импульсного магнитного поля.

Полученные результаты показывают, что в условиях эксперимента степень извлечения <sup>60</sup>Со с осадком гидроксида железа при начальной концентрации ЭДТА 15 мг/л и пероксида водорода при начальной концентрации 3 г/л в присутствии импульсного магнитного поля составляет 60%.

Степень извлечения <sup>60</sup>Со может быть повышена корректировкой кислотно-щелочного состава (pH) облучаемого раствора.

(57) Формула изобретения

1. Способ очистки жидких радиоактивных отходов (ЖРО), предусматривающий предварительную фильтрацию, озонирование, дозированное введение в кубовый остаток жидких радиоактивных отходов перекиси водорода, обработку кубового остатка импульсным ультрафиолетовым излучением сплошного спектра с длительностью  
5 импульсов 10...500 мкс и интегральной плотностью излучения в спектральном диапазоне 190...300 нм не менее  $1 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>, микрофильтрацию с отделением шлама, содержащего радиоактивный кобальт, железо, марганец, и сорбцию для удаления радиоактивного цезия, отличающийся тем, что обработку кубового остатка ЖРО импульсами ультрафиолетового излучения совмещают с воздействием импульсного магнитного  
10 поля напряженностью не менее 4 кЭ, при этом импульсы ультрафиолетового излучения и импульсы магнитного поля формируют синхронно.

2. Устройство для осуществления способа по п. 1, содержащее предварительный фильтр, контактную камеру озонирования противоточного типа, промежуточный  
15 фильтр, блок фотохимического реактора с импульсной ксеноновой лампой, накопительным конденсатором, зарядным устройством, блоком поджига и схемой управления, микрофильтр и сорбционный фильтр, причем накопительный конденсатор, импульсная ксеноновая лампа и блок поджига соединены между собой в виде  
последовательного разрядного контура, отличающееся тем, что в разрядный контур  
20 дополнительно введен соленоид, намотанный на корпусе фотохимического реактора, при этом корпус фотохимического реактора выполнен из немагнитного материала.

25

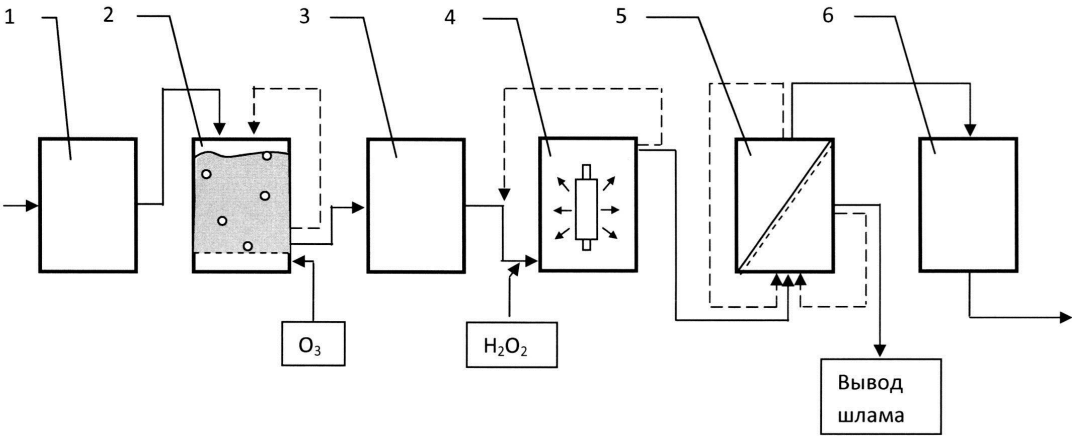
30

35

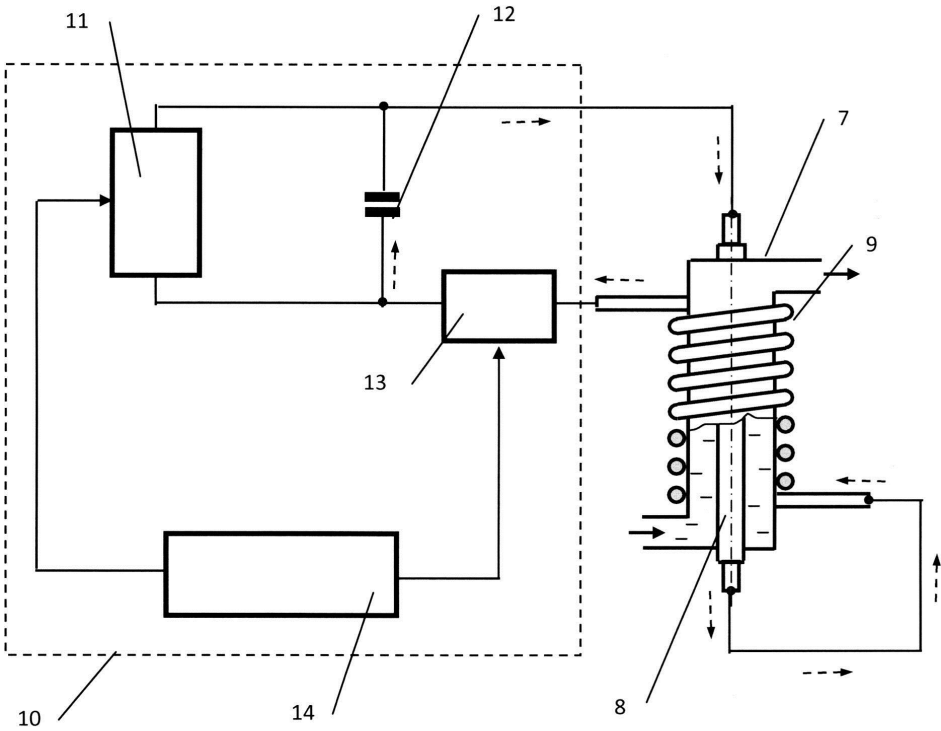
40

45

1

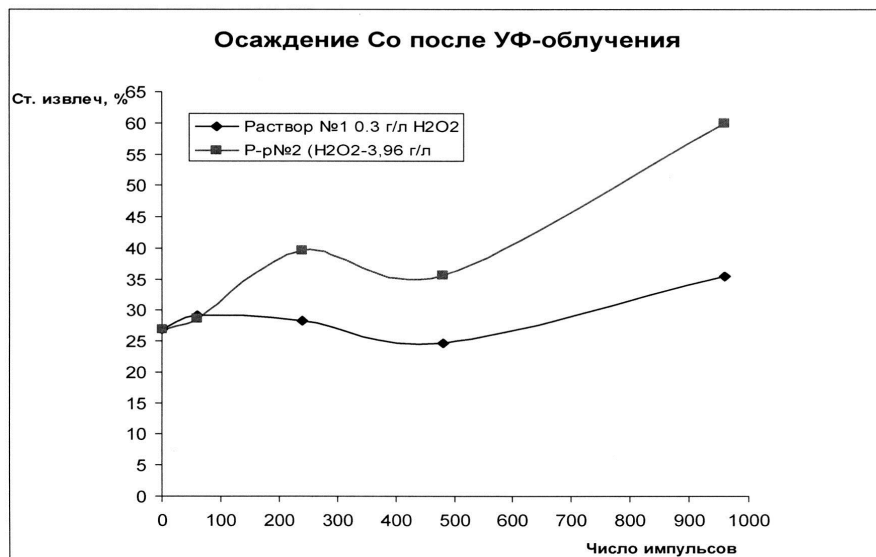


Фиг. 1.



Фиг. 2.

2



Фиг. 3.