

СТЕНД ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВОДОНЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ

Рукомойников А.А., Юминов И.П., Дильмухаметов Д.И., Абызов К.А., Каримов А.Д.
Уфимский университет науки и технологий, Уфа

Ключевые слова: переработка, загрязнение, нефтешлам, отходы, сверхвысокочастотные излучения, электрогидроимпульсный разряд, эмульсия.

Аннотация. Статья посвящена проблемам загрязнения среды при производственных процессах, такие как переработка, добыча и трансформация нефти, которые образуют нефтешлам. Целью данной работы является разработка эффективной конструкции турбулизатора для деэмульгирования водонефтяной эмульсии. Был создан стенд для обработки водонефтяной эмульсии. При дальнейших исследованиях выявлено, что важнейшей характеристикой для деэмульгирования водо-нефтяных эмульсий (ВНЭ), являются завихрения. Также была разработана структурная схема подключения лабораторного стенда для разделения водонефтяной эмульсии. Предлагаемый нами стенд обрабатывает нефтешлам. Проницаемость сверхвысокочастотных волн (СВЧ-волн) увеличилась, и была решена проблема неполного облучения эмульсии. Создали завихрение, которое делает возможным прохождение всех частиц через поле сверхвысокочастотного воздействия. В результате данный метод решить экологическую проблему переработки нефтешламов. Также нефтешламы – это ценный ресурс, т.к. его можно использовать повторно.

STAND FOR PROCESSING OIL-WATER EMULSION

Rukomoinikov A.A., Yuminov I.P., Dilmukhametov D.I., Abyzov K.A., Karimov A.D.
Ufa University of Science and Technology, Ufa

Keywords: processing, pollution, oil-slime, waste, microwave radiation, electrohydropulsive discharge, emulsion.

Abstract. The article is devoted to the problems of environmental pollution in production processes, such as refining, extraction and transformation of oil, which form oil sludge. The purpose of this work is to develop an effective design of a turbulator for demulsifying an oil-water emulsion. A stand for processing oil-water emulsion was created. Further research revealed that the most important characteristic for the demulsification of VNE are vortices. Also, a block diagram of the connection of a laboratory stand for the separation of oil-water emulsion was developed. The stand we offer processes oil sludge. The permeability of microwave waves has increased, and the problem of incomplete irradiation of the emulsion has been solved. A vortex has been created, which makes it possible for all particles to pass through the field of ultrahigh frequency exposure. As a result, this method solves the environmental problem of oil sludge processing. Also, oil sludge is a valuable resource because it can be reused.

Введение. В результате образования большого количества разнородных отходов нефтяная промышленность занимает лидирующие позиции среди отраслей по степени воздействия на окружающую среду. Одним из компонентов является буровой раствор – коллоидная система высокомолекулярных соединений, состоящая из нефти, минеральных частиц различного состава и пластовой воды. Это крупный остаток нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности, имеющий сложный химический состав и постоянно трансформирующийся [1].

Углеводородный шлам представляет собой сложную физико-химическую примесь нефтепродукции, биомеханических примесей (глины, оксидов металлов, песка) и воды. Величины компонентов, входящих в состав шлама, могут радикально варьироваться. Производственные процессы, такие как переработка, добыча и трансформация нефти образуют нефтешлам. Нефтепродукты такого типа сильно загрязняют окружающую среду, так как значительная часть шлама захороняется, и только незначительная часть перерабатывается с дальнейшей утилизацией [2].

Углеводородная (нефтяная) составляющая шлама может быть выражена в виде разнообразных соединений, продолжительно существующих под влиянием природных циклов, она может сменять химический состав в иные соединения посредством процессов ионизации, полимеризации и изомеризации [3].

Переработка и утилизация шлама является немаловажной экологической и экономической проблемой.

Для обезвоживания нефтяной эмульсии разрабатывают различные конструкции и технологии с целью решения проблем, возникающих при ее использовании на нефтеперерабатывающих предприятиях.

1. «Система и метод электромагнитного разделения фаз водонефтяной эмульсии». Эта система включает устройство с камерой в форме цилиндра, а также входные и выходные патрубки для подключения к трубопроводу. Камера оснащена герметичным радиопрозрачным кожухом, который связан с источником сверхвысокочастотной энергии (СВЧ-энергии). Благодаря данному устройству и методу электромагнитного разделения фаз, водонефтяная эмульсия успешно разделяется на компоненты, обеспечивая при этом равномерное воздействие на обрабатываемую эмульсию. Благодаря такой конструкции и методу электромагнитного фазоразделения, водонефтяная эмульсия может быть успешно разделена на составляющие ее компоненты. При помощи устройства можно равномерно оказывать влияние на эмульсию, которая подвергается обработке. Система включает камеру, через которую проходит эмульсия, и источник микроволн. Благодаря этой общей особенности, эмульсия обрабатывается в электромагнитном поле, создаваемом источником микроволн. Однако следует отметить, что микроволновое излучение вызывает поляризацию воды и нагревает ее, не воздействуя на полярные компоненты масла. Это является недостатком данного метода.

Тем не менее, системы и методы электромагнитного фазового разделения водонефтяных эмульсий являются перспективными и могут быть использованы для эффективного разделения данного типа эмульсий. Дальнейшие исследования и оптимизация метода могут быть проведены для устранения вышеупомянутых недостатков. При обработке водонефтяной эмульсий с низким содержанием воды и высоким содержанием битумных смол микроволновое облучение без предварительной высокочастотной обработки эмульсии может привести перегреву глобул воды, имеющих толстую и прочную бронированную оболочку, состоящую из полярных компонентов нефти. Наличие такой оболочки внутри глобул может вызвать локальное разрушение оболочки и переходных масляных компонентов, влияя на стабильность всей эмульсионной системы. Следует также отметить, что более мелкодисперсная фаза приводит к образованию более однородной гетерогенной системы, что делает эмульсию более стабильной. Однако стоит учесть, что сложность предлагаемой конструкции и ослабление микроволнового излучения увеличивается с увеличением размера используемой камеры, так как для этого требуется устройство ввода и распределения электромагнитной энергии, подключенное к источнику микроволновой энергии [4].

2. «Методы обезвоживания водонефтяных эмульсий действием электромагнитных полей». В исследовательском стиле метод обезвоживания и обессоливания нефти можно описать следующим образом. Для решения этой задачи эмульсия обрабатывается микроволновым сигналом, состоящим из ряда спектральных составляющих. Обезвоживание и обессоливание осуществляется с помощью магнитных полей. Направление линий магнитного поля находится под углом 90° к вектору скорости движения нефти.

Однако стоит отметить, что данный метод применим только для нестабильных эмульсий. Данный эффект не оказывает влияния на компоненты броневого оболочки водяных глобул при стабильных эмульсиях. Разрушение стабильных эмульсий происходит за счет нагрева среды. Также стоит отметить, что данный метод не предусматривает определение максимального значения тангенса угла диэлектрических потерь в зависимости от частоты. В связи с этим невозможно определить диапазон разброса диэлектрических параметров среды для выбора оптимальной частоты воздействия на нее.

3. «Метод обезвоживания эмульсий вода-в-масле» Метод обезвоживания эмульсий вода-в-масле с использованием промышленного магнитного поля применяется для обработки деэмульгатора перед введением его в технологическую линию. В этом методе соленоид заполняется немагнитным, химически инертным материалом, чтобы отделить его от водонефтяной эмульсии. Применяется слабое высокочастотное магнитное поле, частота

которого резонирует с вертикальной составляющей постоянного геомагнитного поля. Концентрация вводимого эмульгатора (коммерчески доступного) составляет 20-60 мг/л эмульсии «вода в масле».

Этот метод может значительно увеличить скорость разделения эмульсии и глубину разделения в 2-3 раза.

Одним из недостатков данного процесса является высокая концентрация дорогостоящего деэмульгатора и его значительный расход. Также требуется настройка каждого устройства на резонанс с соответствующим значением вертикальной составляющей магнитного поля Земли. Кроме того, при перемещении через промышленную форму деэмульгатора, который обладает заметной вязкостью, возникает значительное гидравлическое сопротивление, создаваемое материалом, заполняющим внутреннюю часть соленоида [5].

4. «Метод разделения водонефтяных эмульсий с помощью ультразвука». Метод ультразвуковой деэмульсации эмульсии, включающий этап формирования потока эмульсии вдоль зоны ультразвукового воздействия вдоль направления потока эмульсии. Метод включает этап формирования потока эмульсии вдоль зоны ультразвукового воздействия вдоль направления потока эмульсии. В результате образуется переходная ультразвуковая волна в направлении распространения, совпадающем с направлением потока эмульсии, и направленная ультразвуковая волна в направлении распространения, противоположном направлению потока эмульсии. Ультразвуковые преобразователи установлены на передней и задней частях устройства. После деэмульгирования водонефтяная эмульсия либо осаждается и отделяется под действием силы тяжести, либо осаждается и сушится в электрическом поле.

Недостатками этого метода являются низкая степень обезвоживания нефти и длительное время осаждения.

5. «Низкотемпературная сверхвысокочастотная технология (СВЧ-технология)». Это приблизительно равно резонансной частоте молекул воды. Микроволновая обработка была предложена в качестве метода деэмульгирования при низких температурах. Дезинтеграция водонефтяных эмульсий происходит практически мгновенно без нагрева при облучении микроволнами определенной частоты и низкой мощности.

Поскольку для нагрева используются микроволны, этот метод практически идентичен термохимическому методу. Основная проблема этого метода заключается в том, что водонефтяная эмульсия не может быть полностью очищена из-за ее низкой проницаемости для электромагнитного излучения.

Для усиления эффекта сверхвысокочастотного реактора турбулентного типа было предложено использование электрогидроимпульсного разряда, который в свою очередь будет усиливать расслаивание водонефтяной эмульсии [6].

Материалы и методы. В ходе исследований была разработана структурная схема лабораторного стенда для разделения водонефтяной эмульсии (рис. 1).

В этой установке исходная суспензия водо-нефтяных эмульсий (ВНЭ), приготовленная путем смешивания нефти с дистиллированной водой, пропускается через турбулизатор, расположенный в камере микрообработки, под воздействием СВЧ-генератора.

Основным фактором эффективного турбулизатора является завихрение и прохождение частиц через турбулизатор. Благодаря этой характеристике, микроволновый магнетрон более эффективно передает облучение частицам водонефтяной эмульсии в силу того, что раствор эмульсии получает больший контакт с краем турбулизатора, где расположен магнетрон, за счет генерации вихревых потоков. По этой причине было принято решение моделировать турбулентный высокоскоростной шнек [7].

Винтовая форма шнека имеет диаметр кольца 93мм и сплошную винтовую поверхность вдоль продольной оси. За 8 оборотов винтовые лопасти направляют и осаждают водонефтяную эмульсию на внутренней поверхности корпуса, тем самым увеличивая воздействие микроволнового излучения.

Для проведения лабораторного исследования было решено разработать турбулизатор (рис. 2).

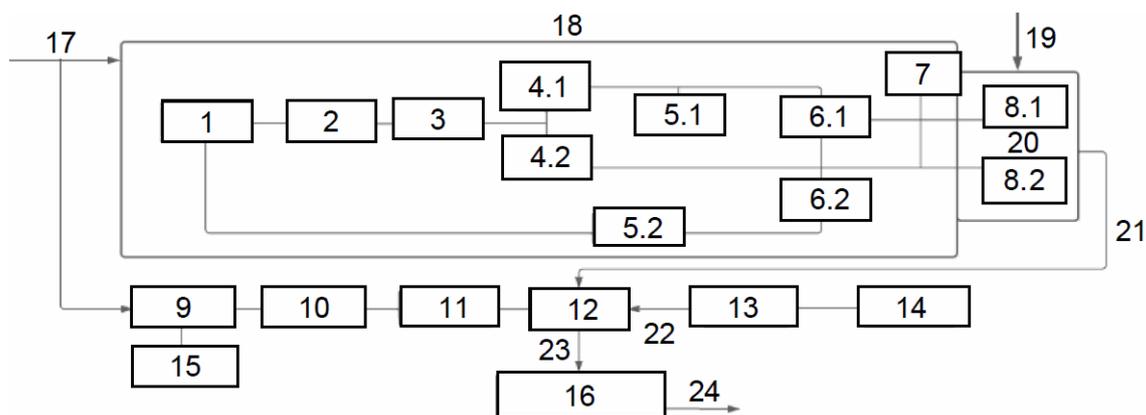


Рис. 1. Структурная схема стенда: 1 – трансформатор; 2 – индикатор; 3 – катушка; 4.1, 4.2 – вып. диоды; 5.1, 5.2 – конденсатор; 6.1, 6.2 – вкл/выкл; 7 – реле времени; 8.1, 8.2 – электрод; 9 – блок питания; 10 – сверхвысокочастотный генератор (СВЧ-генератор); 11 – камера СВЧ обработки; 12 – турбулизатор; 13 – насос; 14 – емкость; 15 – таймер; 16 – пробоотборник; 17 – электричество; 18 – электрогидравлический разряд (ЭГР) по методу Юткина; 19 – нефтешлам; 20 – сосуд; 21 – нефтешлам после ЭГР обработки; 22 – вход эмульсии; 23 – обработанный нефтешлам; 24 – обработка данных

Для проникновения СВЧ-излучения в турбулизатор было решено использовать обечайку из органического стекла, внутренний диаметр которой 90 мм, наружный диаметр 110 мм, длина 120 мм.

Для изготовления деталей установки был использован 3D-принтер AnetA2 лаборатории научно-технической информации и аддитивных технологий инженерного факультета.

Микроволновой реактор турбулентного типа безопасен только в том случае, если он должным образом заземлен. Отсутствие заземления или плохое заземление может значительно увеличить электромагнитные помехи, создаваемые микроволновым реактором. В связи с этим он излучает больше микроволнового излучения, а поскольку корпус реактора выполнен из металла, это может привести к поражению электрическим током [8].

В ходе сборки лабораторного стенда было принято решение разработать электрогидравлический разрядник (рис. 3) по эффекту Юткина. Он состоит из конических днищ и цилиндрического корпуса, угол наклона конического днища равен 12° , толщина корпуса равна 3 мм, внутренний диаметр корпуса равен 56 мм, материал корпуса выполнен из оргстекла; входной и выходной штуцер предназначены для подачи и выпуска водонефтяной эмульсии, внешний диаметр штуцера равен 12 мм; электроды, установленные в корпусе, предназначены для электрогидроимпульсного разряда, диаметр электрода равен 8 мм.

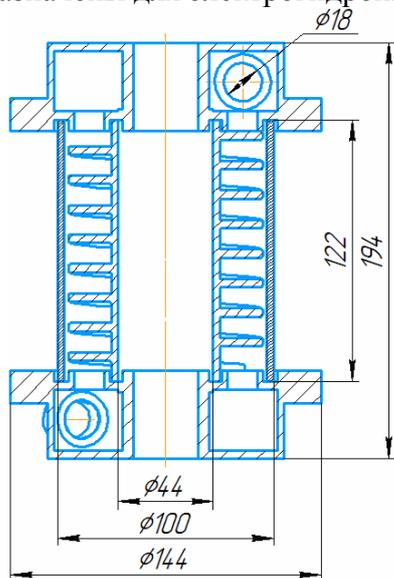


Рис. 2. Местный разрез турбулизатора

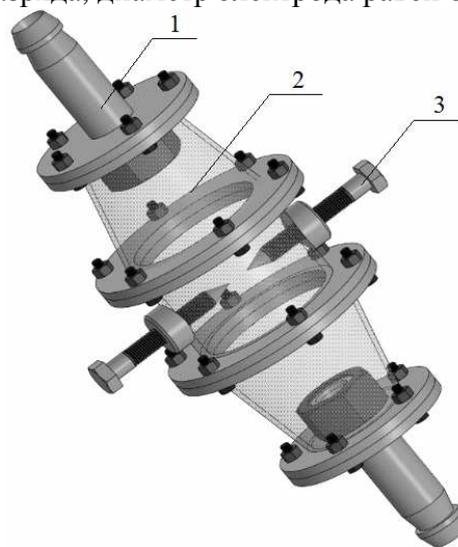


Рис. 3. 3D-модель электрогидравлического разрядника: 1 – штуцер; 2 – корпус (оргстекло); 3 – электрод

Стенд для обработки водонефтяной эмульсии (рис. 5) был собран в «Лаборатории научно-технической информации и аддитивных технологий» инженерного факультета Башкирского государственного университета [9]. Основной функцией данного стенда является обезвоживание водонефтяной эмульсии, форсированное отделение воды. В стенде для обработки водонефтяной эмульсии используется комбинированный способ обработки нефтешлама СВЧ-излучением и электрогидроимпульсным разрядом.

Результаты исследования

Мы получили масло-водные эмульсии в лаборатории, смешивая тестовое масло и воду в измерительных цилиндрах. Проект основан на сочетании инъекций с соединением. Масло-водная эмульсия распадается на мелкие частички в дисперсной фазе и образует водяные глобулы. Чтобы сформировать глобул, ВНЭ жидкость должна быть перемешана в течение 10-15 минут [10].

Далее мы проводим расчеты на прочность по давлению узла и плоских круглых днищ, для того чтобы выявить допустимое давление, при котором конструкция будет исправно работать:

- расчетное давление: $p = 0,5$ МПа;
- расчетная температура: $T = 20^\circ$ С;
- тип днища – торосферическое;
- внутренний диаметр цилиндрической части: $D = 96$ мм;
- толщина стенки днища: $s_1 = 10$ мм;
- толщина цилиндрической части днища: $s = 3$ мм;
- материал днища – пластик;
- допускаемое напряжение: $[\sigma] = 10$ МПа;
- коэффициент прочности сварного шва: $\varphi = 1$;
- диаметр отверстия в днище: $d_1 = 18$ мм.

Результат расчета днища:

- расчетный диаметр днища: $D_p = D = 96$ мм;
- суммарная прибавка к толщине стенки обечайки: $c = 0$;
- Коэффициент конструкции днища: $K = 0,41$;

т.к. $\frac{(s-c)}{(s_1-c)} = \frac{(3-0)}{(10-0)} = 0,3 \geq 0,25$.

Коэффициент ослабления плоской крышки (днища) отверстиями:

$$K_0 = \sqrt{1 + \frac{d}{D_p} + \left(\frac{d}{D_p}\right)^2} = \sqrt{1 + \frac{18}{96} + \left(\frac{18}{96}\right)^2} = 1,11. \quad (1)$$

Расчетная толщина стенки цилиндрической части днища:

$$S_p = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - p} = \frac{0,5 \cdot 96}{2 \cdot 10 - 0,5} = 2,46 \text{ мм}. \quad (2)$$

Расчетная толщина стенки цилиндрической части днища с учетом прибавок:



Рис. 5. Лабораторный стенд для обработки водонефтяной эмульсии: 1 – СВЧ-реактор; 2 – ёмкость для отработанного нефтешлама; 3 – ЭГР по эффекту Юткина; 4 – пробоотборник; 5 – ёмкость для нефтешлама; 6 – насос

$$S_p + c = 2,46 + 0 = 2,46 \text{ мм.} \quad (3)$$

Расчетная толщина центральной части днища:

$$S_{1p} = K \cdot K_0 \cdot D_p \cdot \left(\frac{P}{\varphi \cdot [\sigma]} \right)^{0,5} = 0,41 \cdot 1,11 \cdot 96 \cdot \left(\frac{0,5}{1 \cdot 10} \right)^{0,5} = 9,77 \text{ мм.} \quad (4)$$

Допускаемое давление на плоское днище:

$$[p] = \left[\frac{s_1 - c}{K \cdot K_0 \cdot D_p} \right]^2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi p = \left[\frac{10 - 0}{0,41 \cdot 1,11 \cdot 96} \right]^2 \cdot 10 \cdot 1 = 0,52 \text{ МПа.} \quad (5)$$

Обсуждение и заключения. После проведения исследований выявили, что важнейшей характеристикой для деэмульгирования ВНЭ, является завихрения, благодаря этому фактору можно определить, что турбулизатор будет наилучшим способом разбивать ламинарный поток.

Для работы с низкотемпературным разделением водонефтяной эмульсии СВЧ-излучением требуются турбулизатор. Главным фактором эффективного турбулизатора является завихрение и прохождение одной частицы по всему устройству, благодаря этой характеристике микроволновой магнетрон более эффективно передает облучение частицам водонефтяной эмульсии в силу того, что раствор эмульсии получает больший контакт с краем турбулизатора и это устранит проблему, связанную с малой глубиной проникаемости СВЧ-волн.

Была разработана 3D модель турбулизатора с учетом главного фактора эффективного турбулизатора, которым является завихрение и прохождение одной частицы по всему турбулизатору, при условии, что глубина проникновения электромагнитных волн составляет не более 10-20 мм. Были изготовлены детали реактора и пробоотборники.

Также была разработана принципиальная и структурная схема подключения лабораторного стенда для разделения водонефтяной эмульсии.

Одним из возможных применений переработанного нефтешлама является использование его в качестве вторичного топлива или сырья для производства различных продуктов. Нефтешламы могут быть использованы в производстве асфальтовых материалов, а также в качестве добавки для глинистых почв и строительных материалов.

Внедрение данного метода переработки нефтешлама в нефтяной промышленности имеет большой потенциал в перспективе. Кроме того, такие практики снижают негативное воздействие на окружающую среду и способствуют экономической эффективности предприятий. Таким образом, существует возможность внедрения данного метода в нефтяную промышленность. Поэтому важно продолжать исследования и разработку данной технологии для более эффективной переработки нефтешлама и расширения возможностей его использования в промышленности.

Список литературы

1. Hochberg S.Y., Tansel B., Laha S. Materials and energy recovery from oily sludges removed from crude oil storage tanks (tank bottoms): A review of technologies // J Environ Manage. 2022, vol. 305, p. 114428. DOI: 10.1016/j.jenvman.2022.114428.
2. Патент №40925 РФ. Устройство разделения водонефтяной смеси / Н.Г. Ибрагимов, Р.Р. Мухаметгалеев, С.К. Носов, Р.С. Нурмухаметов, Р.А. Габдрахманов, М.С. Хамидуллин, Р.М. Гимадеев, Г.А. Морозов, Н.Г. Воробьев, А.М. Салихов, О.Г. Морозов. – Заявка №2004115214/20 от 20.05.2004; опубл. 10.10.2004, Бюл. №28.
3. Патент №2196227 РФ. Устройство разделения водогазонефтяной смеси / Г.А. Морозов, Н.Г. Воробьев, О.Г. Морозов, Ю.А. Корпачев, А.М. Салихов, Р.Х. Галимов, М.С. Хамидуллин, Р.М. Гимадеев, Р.Ш. Тахаутдинов, Р.С. Нурмухаметов. – Заявка №2001115471/03 от 05.06.2001; опубл. 10.01.2003, Бюл. № 1.
4. Патент №2676325 РФ. Способ извлечения нефтяной фракции из шлама сырой нефти и сырая нефть / С. Кобаяси, Т. Морияма. – Заявка №2017140086 от 03.06.2016; опубл. 28.12.2018, Бюл. № 1.
5. Al-Futaisi A., Jamrah A., Yaghi B., Taha R. Assessment of alternative management techniques of tank bottom petroleum sludge in Oman // J Hazard Mater. 2007, vol. 141(3), pp. 557-564. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2006.07.023.
6. Малахатко Я.К., Рукомойников А.А., Гарифуллин И.Ш., Хабаева А.Р. Анализ способов очистки внутренней поверхности кожухотрубчатого теплообменного аппарата от твердых отложений // Актуальные вопросы машиностроения. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Уфа: БашГУ, 2019. – С. 34-38.

7. Bhattacharyya J.K., Shekdar A.V. Treatment and disposal of refinery sludges: Indian scenario // Waste Manag Res. 2003, vol. 21(3), pp. 249-261. DOI: 10.1177/0734242X0302100309.
8. Патент №2338775 РФ. Модульная СВЧ-установка для обезвоживания и обессоливания нефти / С.Н. Ильин, Н.П. Бекишов, О.Л. Сироткин, А.П. Захаров. – Заявка №2007117813/15 от 15.05.2007; опубл. 20.11.2008, Бюл. № 32.
9. Ахметова А.Ф., Гайсина А.Р., Мустафина И.А. Методы утилизации нефтешламов различного происхождения // Нефтегазовое дело. – 2011. – Т. 9, № 3. – С. 108-111.
10. Патент №2494824 РФ. Способ переработки нефтяных шламов с использованием СВЧ - электромагнитного воздействия / Л.А. Ковалева, И.Ш. Ахатов, Р.Р. Зиннатуллин, Р.З. Миннигалимов, А.А. Мусин, В.Н. Благочиннов, Ш.М. Валиев. – Заявка №2012103820/13 от 03.02.2012; опубл. 10.08.2013, Бюл. № 28.

References

1. Hochberg S.Y., Tansel B., Laha S. Materials and energy recovery from oily sludges removed from crude oil storage tanks (tank bottoms): A review of technologies // J Environ Manage. 2022, vol. 305, p. 114428. DOI: 10.1016/j.jenvman.2022.114428.
2. Patent No. 40925 RU. Separation device of oil-water mixture / N.G. Ibragimov, R.R. Mukhametgaleev, S.K. Nosov, R.S. Nurmukhametov, R.A. Gabdrakhmanov, M.S. Khamidullin, R.M. Gimadeev, G.A. Morozov, N.G. Vorobyov, A.M. Salikhov, O.G. Morozov. – Appl. No.2004115214/20 from 20.05.2004; publ. 10.10.2004, Bul. No. 28.
3. Patent No. 2196227 RU. The device for separating a water-gas-oil mixture / G.A. Morozov, N.G. Vorobyov, O.G. Morozov, Yu.A. Korpachev, A.M. Salikhov, R.H. Galimov, M.S. Khamidullin, R.M. Gimadeev, R.S. Takhautdinov, R.S. Nurmukhametov. – Appl. No. 2001115471/03 from 05.06.2001; publ. 10.01.2003, Bul. No. 1.
4. Patent No. 2676325 RU. Method of extraction of petroleum fraction from crude oil sludge and crude oil / S. Kobayashi, T. Moriyama. – Appl. No.2017140086 from 03.06.2016; publ. 12/28/2018, Bul. No. 1.
5. Al-Futaisi A., Jamrah A., Yaghi B., Taha R. Assessment of alternative management techniques of tank bottom petroleum sludge in Oman // J Hazard Mater. 2007, vol. 141(3), pp. 557-564. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2006.07.023.
6. Malakhato Ya.K., Rukomoinikov A.A., Garifullin I.Sh., Khabaeva A.R. Analysis of methods for cleaning the inner surface of a shell-and-tube heat exchanger from solid deposits // Current issues of mechanical engineering. Materials of the II All-Russian scientific and practical conference with international participation. – Ufa: BashSU, 2019. – P. 34-38.
7. Bhattacharyya J.K., Shekdar A.V. Treatment and disposal of refinery sludges: Indian scenario // Waste Manag Res. 2003, vol. 21(3), pp. 249-261. DOI: 10.1177/0734242X0302100309.
8. Patent No. 2338775 RU. Modular microwave installation for dewatering and desalination of oil / S.N. Ilyin, N.P. Bekishov, O.L. Sirotkin, A.P. Zakharov. – Appl. No.2007117813/15 from 15.05.2007; publ. 11/20/2008, Bul. No. 32.
9. Akhmetova A.F., Gaisina A.R., Mustafina I.A. Methods of utilization of oil sludge of various origin // Oil and Gas business. 2011, vol. 9, no. 3, pp. 108-111.
10. Patent No. 2494824 RU. A method for processing oil sludge using microwave electromagnetic exposure / L.A. Kovaleva, I.Sh. Akhatov, R.R. Zinnatullin, R.Z. Minnigalimov, A.A. Musin, V.N. Blagochinnov, Sh.M. Valiev. – Appl. No.2012103820/13 from 03.02.2012; publ. 08/10/2013, Bul. No. 28.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Рукомойников Александр Александрович – старший преподаватель кафедры «Процессов и аппаратов нефтегазовой отрасли»	Rukomoinikov Aleksandr Aleksandrovich – senior lecturer at the Department of processes and apparatus of the oil and gas industry
Юминов Игорь Павлович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Процессов и аппаратов нефтегазовой отрасли»	Yuminov Igor Pavlovich – candidate of technical sciences, associate professor, head of the Department of processes and apparatus of the oil and gas industry
Дильмухаметов Динар Ильшатович – техник кафедры «Процессов и аппаратов нефтегазовой отрасли»	Dilmukhametov Dinar Ilshatovich – technician of the Department of processes and apparatus of the oil and gas industry
Абызов Кирилл Александрович – студент	Abyzov Kirill Alexandrovich – student
Каримов Азиз Дилшодович – студент	Karimov Aziz Dilshodovich – student
alex@bgutmo.ru	

Получена 24.01.2024