

*Петровский Э.А., д-р техн. наук, проф.,
Соловьёв Е.А., канд. техн. наук, доц.,
Коленчуков О.А., магистрант*

Сибирский федеральный университет, Институт нефти и газа.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЕШЛАМОВ

OlegAndrenalin.ru@mail.ru

В результате добычи, транспортировки, переработки и хранения нефти происходит образование нефтяных отходов - нефтешламов. С каждым годом запасы нефтешламов увеличиваются и копятя в специально построенных хранилищах, занимающих огромные территории и наносящих большой ущерб экологии. Статья посвящена исследованию эффективной и экологически безопасной утилизации отходов нефти и нефтепродуктов. Представлен анализ источников нефтяных загрязнений и их влияния на компоненты природной среды. Приведен обзор существующих термических методов воздействия на углеводородсодержащие отходы. Отмечены основные преимущества и недостатки, свойственные рассмотренным методам. Проанализированы современные установки и разработки направленные на улучшение переработки отходов нефтепродуктов. Установлен наиболее перспективный метод обезвреживания углеродсодержащих отходов. Полученный результат может быть использован нефтеперерабатывающими и нефтедобывающими предприятиями при создании более эффективной технологии утилизации отходов нефтепродуктов и соответствующего оборудования.

Ключевые слова: нефтешламы, утилизация, методы, загрязнение, оборудование, отходы нефтепереработки.

Введение. Нефть и газ – это основные энергоресурсы, которые играют ключевую роль в экономике всех развитых стран мира. Продукты их переработки применяются почти во всех отраслях промышленности, на всех видах транспорта, в строительстве, сельском хозяйстве, энергетике, в быту и т. д. Также из нефти и газа вырабатывают в больших количествах разнообразные химические материалы, пластмассы, синтетические волокна, каучуки, лаки, краски, моющие средства, минеральные удобрения и многое другое. Использование нефти и газа определяет уровень экономического развития и жизни современного человека.

Энергетическое направление в использовании нефти до сих пор остается главным во всем мире. Нефть и природный газ до сих пор являются незаменимыми источниками энергии, они обладают высокой теплотворной способностью и дешевы по сравнению с другими видами топлива.

Источники нефтяных загрязнений. С развитием технологий увеличивается потребление нефти. Ежегодно в России добывается около 400 млн. т. нефти [1], из которых от 1,5 % до 10 % (4,5 % млн. т. за год) теряется при добыче и транспортировке, приводя катастрофическим загрязнениям окружающей среды [2].

Основные источники загрязнения окружающей среды нефтью и нефтепродуктами можно представить в виде табл. 1 [2].

Особо опасны разливы нефти на водных системах. Только в Мировой океан сливается около 10 млн. тонн в год нефтяного сырья (табл. 2) [3]. Одним из источников данного загрязнения является утечка нефти с плавучих буровых установок и морских стационарных платформ как при бурении и добыче нефти, так и при имеющих место авариях.

В результате загрязнения воды нефтью изменяются ее физико-химические свойства (изменение цвета, вкуса, запаха, затемнение и т.д.), ухудшаются условия обитания в воде живых организмов и растительности, затрудняются все виды дальнейшего водопользования [4].

В почву нефть попадает при ее разведке и добыче, при авариях на нефтепроводах, утечках на нефтебазах. Из-за этого площади почв, пригодных для земледелия уменьшаются на 67 млн. га ежегодно [5]. При загрязнении почв нефтью, изменяются свойства почвы, в результате чего её очистка становится затруднительной. Нефть обволакивает почвенные частицы, из-за чего они перестают смачиваться водой и слипаются. В результате гибнет микрофлора и растения не получают должного питания. Со временем, под действием атмосферного кислорода и солнечных лучей нефть может трансформироваться в более окисленное состояние и затвердевать. Из-за этого, при высоких уровнях загрязнения нефтью, почва может напоминать асфальтоподобную массу [5].

Таблица 1

Источники загрязнения окружающей среды

Деятельность	Виды загрязнения	Характеристика
Добыча и подготовка	Проливы	Грунт с нефтепродуктами, содержащий в своем составе до 20 % нефтепродуктов и от 80 % механических примесей.
Транспортировка	Морским транспортом	Представляет собой эмульсию I рода с содержанием воды до 95 %, если загрязнение произошло вблизи побережья, то содержание воды – до 80 %, грунта до 30 %, нефтепродукта до 20 %.
	Сухопутным транспортом	Грунт с нефтепродуктами, содержащий в своем составе до 20 % нефтепродуктов и от 80 % механических примесей.
	Трубопроводным транспортом	
	Разливы	
Переработка	Очистные мероприятия (защитка резервуаров)	Нефтепродукты с механическими примесями до 5 %, эмульгированная вода до 10 %.
	Очистные сооружения	В зависимости от уровня шламонакопителя: верхний слой – до 80 % нефтепродукта, до 20 % воды, до 5 % мех. примесей; средний слой – до 90 % воды, до 10 % мех. примесей, до 10 % нефтепродукта; нижний слой (донный ил) – илистое с содержанием нефтепродукта до 1 %.
Хранение	Разливы объекта хранения нефтепродуктов	Грунт с нефтепродуктами, содержащий в своем составе до 20 % масс. нефтепродуктов и от 80 % масс. механических примесей
	Очистные мероприятия (защитка резервуаров)	Нефтепродукты с механическими примесями до 5 %, эмульгированная вода до 10 %.

Таблица 2

Источники поступления нефтяных углеводородов в Мировой океан

Источник	млн. т/год
Морская транспортировка (кроме аварийных разливов)	1,83
Аварийные разливы	0,3
Речной сток, включая сточные воды городов	1,9
Сточные воды прибрежной зоны	0,8
Атмосферные осадки	0,6
Естественные нефтяные скважины	0,6
Добыча нефти в море	0,08
Всего:	6,11

Нефть очень токсична для высших растений при концентрации более 2 г на 1 кг почвы. Это приводит к задержке в их развитии [1].

Также при разливах нефти образуются пары, которые попадая в атмосферу, наносят серьезный вред человеческому организму в результате интоксикации. Такие проблемы возникают при возникновении ситуации, когда взаимодействие летучих углеводородов, входящих в состав нефти и нефтепродуктов, окислов азота и ультрафиолетового излучения приводит к образованию смога. В таких случаях количество серьезно пострадавших может составлять тысячи человек [6].

Остатки тяжелых компонентов нефти после различных видов деятельности (добыча, переработка и т.д.) сливаются в специальные вырытые в земле углубления (амбары, пруды-

отстойники), где образуются так называемые нефтяные шламы (нефешламы) [7], то есть сложные физико-химические смеси, которые состоят из нефтепродуктов, механических примесей (глины, окислов металлов, песка) и воды. Соотношение составляющих элементов в нефешламах может быть самым различным, поэтому переработка нефешламов является достаточно сложным мероприятием.

Методы борьбы с нефешламами. В настоящее время используют термические, химические, биологические, физико-химические, комбинированные методы переработки и утилизации нефешламов [8]. При этом термические методы переработки нефешламов по сравнению с остальными обладают рядом существенных преимуществ. К ним относится отсутствие дорогостоящих стадий разделения; возможность переработки сырья с высокой зольностью; отказ от использования расходных материалов (растворителей и микроорганизмов); отсутствие отходов и продуктов, требующих утилизации (фильтрующие элементы, гидрофобные капсулированные продукты и т.п.) [9].

Термические методы предусматривают тепловое воздействие на отходы, что приводит к разложению исходного сырья на составные части. Основные виды термических методов это: сжигание, газификация, пиролиз, нагревание на воздухе, в вакууме и т.д. Также данные методы обычно включают в себя такие стадии как под-

готовка шлама к переработке, высокотемпературная обработка, многоступенчатая очистка газов, утилизация тепла, получение побочных органических (газообразное и жидкое топлив) и минеральных продуктов (оксиды, цемент, минеральные соли) [10, 11].

Наибольшее распространение получили следующие три метода: сжигание, газификация, пиролиз. Существенное их различие заключается в количестве используемого кислорода [12]. Рассмотрим по отдельности каждый из них.

Сжиганием называется контролируемый процесс окисления различных видов отходов, в результате чего образуются диоксид углерода, вода и зола. В свою очередь, сера и азот, содержащиеся в отходах, образуют при сжигании различные оксиды, а хлор восстанавливается до HCl. Кроме газообразных продуктов при сжигании отходов образуются различные твердые частицы (металлы, стекло, шлаки и др.) которые требуют дальнейшей утилизации или захоронения [13].

Как правило, сжиганию подвергаются углеводородсодержащие отходы дальнейшая переработка которых является затруднительной и затратной [14].

Сжигание производят в печах различной конструкции, при высоких температурах (не менее 1200 °С). Для устранения эффекта резкого понижения концентрации кислорода в реакторе печи оборудуют системами остановки подачи отходов до момента восстановления концентрации кислорода до оптимальной или быстрой инъекции кислорода в зону горения (инсинераторы фирм УралАгроМаш, PtexQig и др.) [13,14].

Обычно процесс сжигания протекает в пять стадий (сушка, газификация, воспламенение, горение и дожигание), которые, как правило, протекают последовательно, но иногда и одновременно [13].

Для утилизации нефтешламов методом сжигания используют следующие виды печей:

1) Вращающиеся печь. Представляет собой цилиндрическую конструкцию облицованную термоизоляцией, расположенную горизонтально с небольшим уклоном. Температура горения от 850°С до 1650 °С, время конверсии может длиться от нескольких секунд до нескольких часов. Дополнительно во вращающейся печи может находиться еще одна камера сгорания, в ней происходит дожигание несгоревших частей углеводородов (температура камеры 820-890 °С). Также существуют и барабанные вращающиеся печи, они оснащены шнековыми питателями и требуют дополнительной подготовки (разделе-

ние, измельчение) отходов перед сжиганием [14].

2) Печи с «кипящим слоем». Принцип работы печи данного типа состоит в подаче газового потока под слой дисперсного материала (размер частиц 1-5 мм.), в таком случае, при определенной скорости газов слой переходит в режим витания, образуя псевдооживленное состояние, что обеспечивает контакт газов со значительно большей поверхностью частиц, таким образом ускоряется сгорание отходов (температура порядка 600–1100 °С) [14].

3) Колосниковые и ретортные печи. Для утилизации небольшого количества твердых нефтесодержащих отходов широкое распространение получили колосниковые печи. Распространенность данного вида печей обусловлена за счет низкой стоимости и высокой надежности конструкции печи. Недостатком такого вида печей является невозможность сжигания жидких нефтешламов, для которых используются ретортные печи [14].

Кроме печей также получили применение установки для сжигания жидких нефтесодержащих отходов типа «Вихрь-1» (трубобарботажная установка) или «Форсаж-1» (рис. 1) [14,15]. Данные установки имеют высокий КПД, возможность утилизации маслоотходов с содержанием минеральных примесей и влаги до 80% [12].

К недостаткам всех вышеперечисленных установок, работающих по принципу прямого сжигания, следует отнести:

- неэкологичность из-за образования при сжигании термоустойчивых и токсичных соединений (полиароматических углеводородов, диоксинов и фуранов) в отходящих газах, а также выбросов в атмосферу значительных количеств тяжелых металлов (свинца, кадмия, ртути, ванадия и др.);

- низкая эффективность с точки зрения уничтожения ценных компонентов, которые можно использовать как вторичное сырьё [16,17].

Ещё одним эффективным методом утилизации углеводородсодержащих отходов является газификация. Газификация представляет собой термохимический высокотемпературный процесс взаимодействия органической массы с газифицирующими агентами или преобразование органической части твердого (жидкого) топлива в горючие газы при высокотемпературном нагреве с окислителем (кислород, воздух, водяной пар и др.). В результате газификации образуются только газообразные компоненты. Сам процесс протекает в специальных колоннах, называемых генераторами, а все газы, получаемые при газифи-

фикации, называют генераторными газами [13, 16].

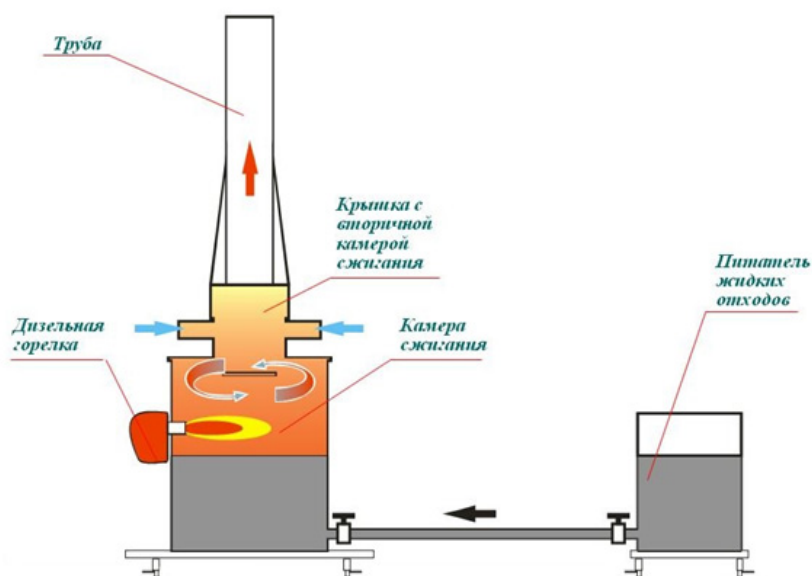


Рис. 1. Установка для сжигания промышленно-бытовых отходов серии «Форсаж»

Газогенерация состоит из четырех стадий: нагрев (100–150 °С), сушка (150–200 °С), сухая перегонка (начинается при 250–550 °С и заканчивается при 800 °С), газификация (1000–1500 °С) [16]. Основная особенность процесса газификации заключается в том, что в отличие от сжигания в реакторе газовая фаза имеет восстановительные свойства. Именно поэтому образование оксида азота и серы термодинамически невыгодно, вследствие этого вредных выбросов в атмосферу от газификаторов меньше, чем от печей сжигания [14]. Газификация может осуществляться в плотном слое под давлением и псевдооживленном слое [12]. Состав и свойство получаемого газа зависит от типа окислителя и состава сырья. Способы получения генераторных газов представлены в табл. 3 [16].

Таким образом, метод газификации имеет следующие преимущества по сравнению с методом прямого сжигания:

- использование получаемых горючих газов и смолы в качестве топлива или сырья;
- возможность получения различных видов продуктов (вариативность);
- уменьшение вредных выбросов в атмосферу (по сравнению с сжиганием) [13].

К недостаткам данного метода относятся:

- выбросы вредных веществ в атмосферу (хотя и меньшие, по сравнению с сжиганием);
- возможность загрязнения вырабатываемого газа продуктами полукоксования;
- необходимость захоронения золы остающаяся после процесса газификации.

Последним из рассматриваемых методов борьбы с углеродсодержащими отходами явля-

ется пиролиз. Пиролиз представляет собой контролируемое термического разложение исходного сырья на составные части и является одним из самых перспективных направлений утилизации нефтешламов на сегодняшний день [18].

Таблица 3

Способы получения генераторных газов

Название генераторного газа	Способ получения и состав
Воздушный газ	Получают при чисто воздушном дутье, целевым компонентом является СО
Кислородный газ	Образуется при чисто кислородном дутье, содержит 95–97 % СО
Парокислородный газ	Получается при использовании парокислородного дутья, содержит 95–97 % СО и Н ₂ (синтез газ)
Паровоздушный газ	Образуется при продувке генератора соответствующей смесью, является дешевым и распространенным видом газообразного топлива
Водяной газ	Содержит до 86 % СО и Н ₂ , используется для синтеза аммиака, метанола, этанола, детергентов, жидких топлив и парафинов
Полуводяной газ	Содержит в основном СО, СО ₂ Н ₂ и N ₂ , используется непосредственно для получения аммиака

В зависимости от температуры различают три вида пиролиза:

- Низкотемпературный пиролиз или полукоксование. Процесс протекает при 450–550 °С и характеризуется минимальным выходом газа, максимальным количеством жидкого продукта и твердого остатка (полукокса). При этом, газ образующиеся при данном виде пиролиза, обладает максимальной теплотой сгорания, а полукоксы можно использовать в качестве энергетического и бытового топлива. Жидкие продукты (нефтяной конденсат) образуются в количестве 29 % от исходной массы, теплота сгорания нефтяного конденсата составляет 9000 ккал/кг [13, 14, 19];

- Среднетемпературный пиролиз или среднетемпературное коксование. Данный процесс протекает при температуре до 800 °С и характеризуется увеличением выхода газа (по сравнению с низкотемпературным пиролизом), одновременно снижается выход жидкого и твердого продуктов, при этом, теплота сгорания газа снижается [13, 14, 19];

- Высокотемпературный пиролиз или коксование. Процесс проводят при 900–1050 °С. При такой температуре количество образующихся газов максимально, а выход жидкого и твердого продуктов сведен к минимуму, при этом, газ имеет самую низкую теплоту сгорания [13, 14, 19].

По видам реакции различают окислительный и сухой пиролиз. При окислительном пиролизе происходит термическое разложение углеводородсодержащих отходов, при этом происходит их частичное сжигание. Данный метод хорошо применим к отходам (вязкие, пастообразные и др.) которые затруднительно перерабатывать сжиганием или газификацией. Сухой пиролиз представляет собой термическое разложение углеводородсодержащих отходов без доступа кислорода. Данный метод обеспечивает перера-

ботку отходов и получение полезных продуктов используемых в качестве топлива и химического сырья. В результате сухого пиролиза образуется газ (пиролизный газ), жидкие продукты и твердый углеродистый остаток [14].

В 2014 году компанией IPES (international power ecology company) промышленной группы «Безопасные Технологии» была испытана и введена в эксплуатацию на Вынгапурском нефтегазовом месторождении в Тюменской области установка УТД-2 (установка термической деструкции) (рис. 2), способная перерабатывать любые буровые отходы и нефтешламы независимо от их состава методом технологии низкотемпературного пиролиза [20]. На выходе получают кондиционные продукты: синтетическое топливо и технический углерод. Пиролизный газ используется в качестве топлива для самой установки, что играет важную роль в низком потреблении энергоносителей для её функционирования (дизельное топливо требуется только для разогрева установки до выхода на технологический режим). Производительность установки непрерывного цикла - до 1500 кг/час, причем вследствие конструктивных особенностей возможна одновременная подача жидкого и сухого сырья. Работа установки заключается в следующем. Углеродсодержащий отход с помощью шнека загружаются в камеру пиролиза, где происходит их термическое разложение. Отходящий пирогаз попадает в систему фильтров и конденсаторов, где происходит очистка и сепарация паров жидкой фракции, воды и газа. Пройдя очистку, продукт конденсируется и собирается в ёмкость хранения. Вся установка герметична, включая и систему выгрузки твердого остатка, поэтому её воздействие на окружающую среду минимально.



Рис. 2. Установка термической деструкции «УТД-2»

Данная установка пользуется хорошим спросом, так, например, в 2017 была отгружена первая пиролизная установка УТД для компании

ПАО «НК «Роснефть», а также осуществляется изготовление установок УТД для таких крупных компаний как ОАО «Газпромнефть-

Ноябрьскнефтегаз» и ООО «Лукойл-Коми» (ПАО «Лукойл») [21].

Существующие разработки. На сегодняшний день существует множество разработок реакторов для осуществления пиролиза, рассмотрим наиболее перспективные из них.

Известен реактор для переработки органических отходов и нефтешламов [22]. Путем введения лазера импульсного типа, установки в ресивере оптической линзы, выполнения такого расположения лазера, оптической линзы и щелевого паза по одной вертикальной оси, при котором лазерный луч проходит до уровня расположения щелочного электролита в камере газификации, обеспечивается такая высокая температура пиролиза отходов, при которой содержащаяся в отходах влага мгновенно распадается на молекулы кислорода и водорода. Посредством введения лазера импульсного типа и мембранного кислородного генератора, заполнения камеры газификации щелочным электролитом обеспечивается одновременно течение процесса пиролиза и газификации с получением в виде конечного продукта метана, пригодного для использования в качестве топлива. В результате того, что в узле фильтрации находится молотая смесь солей с негашеной известью, в канал шнекового транспортера выходит первое выходное отверстие ресивера, а выходное отверстие узла фильтрации соединено с каналом шнекового транспортера, обеспечивается очистка газообразных продуктов пиролиза от диоксинов и фуранов. Посредством выполнения в узле загрузки отходов экструдера и камеры прессования газообразные продукты пиролиза, содержащие диоксины и фураны, не проходят через экструдер в атмосферу. Техническим результатом изобретения является понижение требований к влажности органических отходов и нефтешламов, повышение эффективности и экологичности процесса переработки отходов и нефтешламов [22].

Известно устройство для переработки отходов нефти с высоким содержанием кислотосодержащих веществ и тяжелых парафинов в полезную продукцию [23]. Целью изобретения служит устройство, для переработки отходов нефти с высоким содержанием кислотосодержащих веществ и тяжелых парафинов в полезные продукты, нагревая до высокой температуры в условиях низкого вакуума, с высоким КПД (коэффициент полезного действия) использования первичного потока энергии излучателя. Технический результат достигается тем, что устройство для переработки отходов нефти с высоким содержанием кислотосодержащих веществ и тяжелых парафинов в полезные продукты выполнено из корпуса с полостью и нагрева-

теля поверхности, отличающееся тем, что отходы нефти смешаны с карбонатом кальция, а полость выполнена в форме правильного цилиндра с пазом вдоль оси вращения, а сам корпус выполнен из жаропрочного материала с полированной внутренней поверхностью и имеет в пазе трубу для подачи отходов нефти через плоскую фильеру на барабан на валу, на оси вращения цилиндра, причем на обоих торцах барабана расположены два диска, имеющие высокую разность электрического потенциала, а также в пазу корпуса расположена труба для удаления продуктов пиролизного газа и для создания низкого вакуума, а также в корпусе расположено окно для удаления шлака, причем торцевые поверхности полости цилиндра в корпусе полированные, и на поверхности барабана и обоих дисков располагается скребок, жестко закрепленный внутри корпуса [23].

Известны способ и устройство переработки бытовых и промышленных органических отходов [24]. Данный способ включает в себя проведение первой низкотемпературной стадии пиролиза в первой части реактора и второй высокотемпературной стадии пиролиза во второй части реактора, разделение продуктов пиролиза на фракции и переработку каждой фракции с получением полезных продуктов. Устройство для переработки бытовых и промышленных органических отходов содержит реактор пиролиза, состоящий из первой и второй частей, систему разделения парогазовых продуктов пиролиза, источник электромагнитного воздействия, установленный на второй части реактора, выход которой соединен системой разделения парогазовых продуктов пиролиза. Технический результат: повышение эффективности процесса переработки бытовых и промышленных органических отходов с получением из органических отходов ценных продуктов в виде твердых, жидких и газообразных топливных компонентов [24].

Закключение. Таким образом, термические методы переработки нефтешламов являются наиболее эффективными на сегодняшний день, а пиролизный метод является самым перспективным направлением борьбы с данными видами отходов. Пиролиз характеризуется такими преимуществами как отсутствие вредных выбросов в атмосферу; возможность получения полезных продуктов; отсутствие необходимости сортировки сырья перед загрузкой в реактор. При этом не до конца решены задачи связанные со снижением капитальных затрат и энергообеспечения процесса. Первая задача должна решаться путём оптимизации конструкции пиролизного реактора. А вторая – путем обеспечения энерго-

независимости. Например за счёт использования вырабатываемого газа на месте в качестве топлива для поддержания теплового режима процесса пиролиза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каблов В.Ф., Иошенко Ю.П. Проблема сбора нефти и нефтепродуктов при аварийных разливах: отчет о НИР // Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета. 2004. 2 с.
2. Ахметов А.Ф., Гайсина А.Р., Мустафин И.А. Методы утилизации нефтешламов различного происхождения // Нефтегазовое дело. 2011. Том 9. № 3. С. 108 – 111.
3. Владимиров В.А. Разливы нефти: причины, масштабы, последствия // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. Серия: Охрана окружающей среды. Экология человека. 2014. Том 4. № 1. С. 217–229.
4. Другов Ю.С., Родин А.А. Экологический анализ при разливах нефти нефтепродуктов. СПб: Анатолия, 2000. 250 с.
5. Суть проблемы загрязнения природы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://deit.name/2011/10/суть-проблемы-загрязнения-природы/> Дайджесты про экономику, инвестиции, технологии и про то, что это окружает (дата обращения: 06.02.2018).
6. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде. Учебное пособие. М.: Изд-во РУДН, 2004. 163 с.
7. Вайсман Я.И. [и др.]. Исследования физико-химических свойств и термической деструкции отходов нефтеперерабатывающих предприятий // Научные исследования и инновации. 2010. Том 4. №3. С. 21–27.
8. Мазлова Е.А., Мещеряков С.В. Проблема утилизации нефтешламов и способы их переработки. Учебное пособие. М.: Ноосфера, 2001. 52 с.
9. Чалов К.В. Каталитический пиролиз нефтешламов: автореф. дис. канд. техн. наук. Москва, 2013. 18 с.
10. Гринин А.С., Новиков В.Н. Промышленные и бытовые отходы: Хранение, утилизация, переработка. Учебное пособие. М.: ФАИР – ПРЕСС, 2002. 336 с.
11. Багрянцев Г.И., Черников В.Е. Термическое обезвреживание и переработка промышленных и бытовых отходов // Муниципальные и промышленные отходы: способы обезвреживания и вторичной переработки – аналитические обзоры. Серия Экология. Новосибирск, 1995. С. 128–137.
12. Лотош В.Е. Переработка отходов при родопользовании. Екатеринбург: Изд-во ПОЛИГРАФИСТ, 2007. 503 с.
13. Бобович Б.Б. Переработка промышленных отходов. Учебник для вузов. М.: СП Интермет Инжиниринг, 1999. 445 с.
14. Бахонина Е.И. Современные технологии переработки и утилизации углеводородсодержащих отходов // Башкирский химический журнал. 2015. Том 22. №1. С. 20 – 29.
15. Установка «Форсаж-1» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ecooilgas.ru/ru/catalogue/04/cat_04_01.php ЭКОсервис – НЕФТЕГАЗ (Дата обращения: 06.02.2018).
16. Поташников Ю.М. Утилизация отходов производства и потребления. Учебное пособие. Тверь: Изд-во ТГТУ, 2004. 107 с.
17. Глушникова И.С. [и др.]. Возможные направления использования остатков после термообработки нефтесодержащих отходов // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2013. №1. С. 45–56.
18. Шантарин В.Д. Безальтернативный метод утилизации углеродсодержащих отходов // Научное обозрение. Технические науки. 2016. №2. С. 71–74.
19. Соколов [и др.]. Утилизация отходов производства и потребления. Учебное издание. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2006. 388 с.
20. Янковой Д.С. Новая технология утилизации нефтешламов // Экология производства. 2014. №9. С. 47–51.
21. Проекты [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://i-pec.ru/category/referens> International power ecology company (Дата обращения: 06.02.2018).
22. Пат. 2406031 С1 Российская Федерация, МПК F23G 5/00. Реактор для переработки органических отходов и нефтешламов / В.В. Масленников, В.И. Баженов, Н.А.Зудилин; заявитель и патентообладатель Масленников Владимир Васильевич. № 2009130472; заявл. 11.08.09; опубл. 10.12.2010, Бюл. № 34. 8 с.
23. Пат. 2451039 С2 Российская Федерация, МПК C08J 11/00, F23G 7/05, C10G 9/08, C10G 9/42. Устройство для переработки отходов нефти с высоким содержанием кислотосодержащих веществ и тяжелых парафинов в полезную продукцию / А.Е. Насонов; заявитель и патентообладатель Насонов Александр Ефимович. – № 2010154601; заявл. 30.12.10; опубл. 20.05.2012, Бюл. № 14. 7 с.
24. Пат. 2392543 С2 Российская Федерация, МПК F23G 5/027, F23G 5/20. Способ и устройство переработки бытовых и промышленных органических отходов / С.Г. Гага; заявитель и

патентообладатель Закрытое акционерное общество «Финансово–промышленная группа «Геза-

урум». № 2008107014; заявл. 22.02.08; опубл. 20.06.2010, Бюл. № 17. 16 с.

Информация об авторах

Петровский Эдуард Аркадьевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологических машин и оборудования нефтегазового комплекса.

E-mail: petrovsky_quality@mail.ru.

Сибирский федеральный университет, Институт нефти и газа.

Россия, 660041, Красноярск, Свободный просп., д. 82, строение 6.

Соловьёв Евгений Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технологических машин и оборудования нефтегазового комплекса.

E-mail: easoloviov@mail.ru.

Сибирский федеральный университет, Институт нефти и газа.

Россия, 660041, Красноярск, Свободный просп., д. 82, строение 6.

Коленчуков Олег Александрович, магистрант кафедры технологических машин и оборудования нефтегазового комплекса.

E-mail: OlegAndrenalin.ru@mail.ru.

Сибирский федеральный университет, Институт нефти и газа.

Россия, 660041, Красноярск, Свободный просп., д. 82, строение 6.

Поступила в февраль 2018 г.

© Петровский Э.А., Соловьёв Е.А., Коленчуков О.А., 2018

E.A. Petrovsky, E.A. Solovyev, O.A. Kolenchukov

MODERN TECHNOLOGIES OF OIL SLUDGE PROCESSING

As a result of oil production, transportation, processing and storage, the oil waste is generated – namely, the oil sludge. Every year the oil sludge reserves increase and are accumulated in specially constructed storage facilities that occupy vast territories and cause great damage to the environment. The article is devoted to the efficient and environmentally safe disposal of waste oil and petroleum products. It presents an analysis of the sources of oil pollution and their impact on environmental components. The review of existing thermal methods of hydrocarbon waste treatment is given. The principal advantages and disadvantages of the methods are considered. The article analyzes the current installations and designs aimed at improving the processing of waste oil. The most promising method of disposal of carbon-containing waste is determined. The obtained result can be used by oil-refining and oil-producing companies when creating more efficient technologies for recycling waste petroleum products and using the required equipment.

Keywords: oil sludge, disposal, methods, pollution, equipment, petroleum processing waste.

REFERENCES

1. Kablov V.F., Ioschenko Ju.P. The problem of collecting oil and oil products in case of emergency spills: a report on research // Volzhsky Polytechnic Institute (branch) of the Volgograd State Technical University, 2004, 2 p.

2. Ahmetov A.F., Gajsina A.R., Mustafin I.A. Methods of utilization of oil sludge of different origin // Oil and gas business, 2011, Vol. 9, no. 3, pp. 108–111.

3. Vladimirov V.A. Oil spills: causes, scales, consequences // Civil defense strategy: problems and research. Series: Environmental protection. Human Ecology, 2014, Vol. 4, no. 1, pp. 217–229.

4. Drugov Ju.S., Rodin A.A. Ecological analysis for oil spills of petroleum products. St. Petersburg: Anatolia. 2000, 250 p.

5. The essence of the problem of pollution of nature. Available at: [http://deit.name/2011/10/суть-](http://deit.name/2011/10/суть-проблемы-загрязнения-природы)

[проблемы-загрязнения-природы](http://deit.name/2011/10/суть-проблемы-загрязнения-природы) / (accessed 6 February 2018).

6. Davydova S.L., Tagasov V.I. Oil and oil products in the environment. Tutorial. Moscow: PFUR. 2004, 163 p.

7. Vajsman Ja.I.[et al.]. Research of physical and chemical properties and thermal destruction of waste products of oil refineries // Scientific research and innovations, 2010, Vol. 4, no. 3, pp. 21–27.

8. Mazlova E.A., Mescherjakov S.V. The problem of utilization of oil sludge and ways of their processing. Tutorial. Moscow: Noosphere. 2001, 52 p.

9. Chalov K.V. Catalytic pyrolysis of oil sludge: avtoref. dis. Cand. tech. sciences. Moscow, 2013. 272 p.

10. Grinin A.S., Novikov V.N. Industrial and household waste: Storage, utilization, processing. Tutorial. Moscow: FAIR - PRESS. 2002, 336 p.

11. Bagrjantsev G.I., Chernikov V.E. Thermal neutralization and processing of industrial and domestic wastes // Municipal and industrial waste: methods of neutralization and recycling - analytical reviews. Ecology series. Novosibirsk, 1995, pp. 128–137.
12. Lotosh V.E. Processing of environmental waste. Ekaterinburg: POLYGRAPHIST. 2007, 503 p.
13. Bobovich B.B. Processing of industrial waste. Textbook for high schools. Moscow: Intermet Engineering. 1999, 445 p.
14. Bahonina E.I. Modern technologies of processing and utilization of hydrocarbon-containing waste // Bashkirsky Chemical Journal, 2015, Vol. 22, no. 1, pp. 20 – 29.
15. Installation "Forsag-1". Available at: http://www.ecooilgas.ru/ru/catalogue/04/cat_04_01.php (accessed 6 February 2018).
16. Potashnikov Ju.M. Utilization of production and consumption wastes. Tutorial. Tver: TSTU. 2004, 107 p.
17. Glushnikova I.S. [et al.]. Possible uses of residues after heat treatment of oily waste // Transport. Transport facilities. Ecology, 2013, no. 1, pp. 45 – 56.
18. Shantarin V.D. Non-alternative method of utilization of carbonaceous wastes // Scientific review. Technical science, 2016, no. 2, pp. 71–74.
19. Sokolov [et al.]. Utilization of production and consumption wastes. Educational edition. Yaroslavl: YSTU. 2006, 388 p.
20. Jankovoj D.S. New technology of oil sludge utilization // ` Ecology of production, 2014, no. 9, pp. 47–51.
21. Projects. Available at: <http://ipec.ru/category/referens> (accessed 6 February 2018).
22. Maslennikov V.V., Bazhenov V.I., Zudilin N.A. Reactor for processing of organic waste and oil sludge. Patent RF, no. 2009130472, 2010.
23. Nasonov A.E. Device for processing oil waste with a high content of acid-containing substances and heavy paraffins in useful products. Patent RF, no. 2010154601, 2012.
24. Gaga S.G. Method and device for processing domestic and industrial organic waste. Patent RF, no. 2008107014, 2010.

Information about the author

Eduard A. Petrovsky, PhD, Professor.

E-mail: petrovsky_quality@mail.ru.

Siberian Federal University, Institute of oil and gas.

Russia, 660041, Krasnoyarsk, Svobodnyy ave., 25, building 6.

Eugene A. Solovyev, PhD, Assistant professor.

E-mail: [easoloviov@mail.ru](mailto: easoloviov@mail.ru).

Siberian Federal University, Institute of oil and gas.

Russia, 660041, Krasnoyarsk, Svobodnyy ave., 25, building 6.

Oleg A. Kolenchukov, Master student.

E-mail: [OlegAndrenalin.ru@mail.ru](mailto: OlegAndrenalin.ru@mail.ru).

Siberian Federal University, Institute of oil and gas.

Russia, 660041, Krasnoyarsk, Svobodnyy ave., 25, building 6.

Received in February 2017