

ПЕРЕРАБОТКА НЕФТЕОТХОДОВ ПИРОЛИЗОМ ДЛЯ ЭНЕРГОГЕНЕРАЦИИ

С.В. Турчин¹, А.К. Берикболов²

¹ ООО «Завод аэроэнергопром», г. Минск, представитель компании в РФ

² Томский политехнический университет, ИШЭ, аспирант

Научный руководитель: А.С. Заворин, д.т.н., профессор,
профессор-консультант НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ

Добыча углеводородного сырья всегда сопряжена с образованием различного рода отходов. Это отходы III–IV класса опасности, которые образуются в процессе производства, непригодные для повторного использования и подлежащие рециклингу. Нефтегазовая отрасль является одним из лидеров в образовании, хранении и захоронении отходов. За период с 2010 по 2017 гг. их количество увеличилось с 3334,6 млн т (89,2 %) до 5786,2 млн т (93 %), объемы хранения и захоронения составили 95 и 94 % соответственно [1]. Только в Ханты-Мансийском автономном округе нефтепромыслами накоплены десятки тысяч тонн нефтешламов, загрязнены более 3 тысяч га территорий и до настоящего времени не очищены [2]. Нефтешламы миллиардами тонн проникают в биосферу, нанося вред окружающей среде [3, 4]. Их образование приводит к нарушению естественных природных процессов круговорота воды в природе, фауна и флора приходят в упадок, происходит отчуждение загрязненных территорий [5, 6]. Несмотря на существенные затраты, прогрессивную законодательную политику, направленную на охрану природной среды от техногенных выбросов, сократить динамику накопления нефтеотходов не удастся. В среднем годовой ущерб, наносимый окружающей среде от загрязнений в различных регионах РФ, оценивается специалистами в 200–550 млн рублей [7, 8]. Западный опыт констатирует, что своевременно инвестированные средства в технологии, направленные на сохранение окружающей среды, оказываются менее затратными по сравнению со средствами, затрачиваемыми на ликвидацию экологического ущерба. По некоторым оценкам, капитальные затраты технологий обезвреживания и переработки в 1,3 раза ниже затрат ликвидации загрязнений [9]. Средний состав отходов нефтепромыслов в зависимости от источников их образования представлен в табл. 1.

Таблица 1. Состав нефтеотходов [13, 14, 15]

| Нефтешламы | Состав, % | | | | | |
|-------------------------------|----------------------|----------------------|------------|-------|----------|-------|
| | Механические примеси | Нефть, нефтепродукты | Асфальтены | Смолы | Парафины | Вода |
| Амбарный верхний слой | 0,5–1,5 | 90–95 | 9,5 | – | 3 | 1,5–5 |
| Буровые шламы | 11–25 | 7–14 | – | – | – | 75–90 |
| Ловущечная нефть | 0,05–0,5 | 70–90 | 4–15 | 10–45 | 2–10 | до 15 |
| Водонефтяная эмульсия | 1,5–15 | 30–80 | 5–10 | 10–20 | 3–10 | до 70 |
| Продукты зачистки резервуаров | 5–10 | 50–70 | 42 | 20 | 5,6 | 25–40 |
| Донный шлам | 15–50 | 10–30 | 6,5 | 18 | 2,5 | до 60 |
| Замазученный грунт | 50–90 | До 10 | – | – | – | до 20 |

К оптимальным технологиям переработки и обезвреживания нефтеотходов относят термические, такие как: пиролиз, газификация, гетерогенный катализ, плазменная и огневая утилизация [10, 11]. Среди них интерес представляют технологии, позволяющие не только снижать экологическую нагрузку, но и эффективно использовать отходы в качестве сырья для получения энергоносителей [12]. Таким образом, в сложных климатических и логистиче-

ских условиях нефтепромыслов наиболее привлекательной становится переработка углеводородсодержащих отходов пиролизом с возможностью получения топлив для энергогенерации.

Пиролиз – это технология термической деструкции высоко и низкомолекулярных углеводородных соединений (отходов) в отсутствие кислорода воздуха. В рассматриваемом контексте, задачей является получение синтетического сырья и производства бензин-дизельного топлива для энергогенерации. Углеродистый остаток, в данном случае, рассматривается как побочный продукт, подлежащий утилизации. Балансовый выход и фракционный состав продуктов при этом зависит от физико-химических свойств, морфологического состава отходов и технологического режима их переработки.

Так, например, компанией ООО «Завод аэроэнергопром», г. Минск, налажен выпуск мобильных комплексов переработки отходов «Пульсар» (рис. 1). Принцип действия основан на термической деструкции отходов при температурах до 650 °С. Температурный режим переработки обеспечивается за счет электронагревательных элементов до температуры пиролиза отходов в реакторе. Образованная парогазовая смесь транспортируется в конденсационный блок, где происходит фазовое разделение на пиролизную жидкость и газ с одновременной полной очисткой неконденсируемых пиролизных газов. Стопроцентно очищенный пиролизный газ используется для выработки электроэнергии на газопоршневой электростанции (ГПЭС). Жидкий продукт пиролиза, в зависимости от качества осветленного продукта, может использоваться в адаптированных дизель-генераторных установках или в получении ректификата с помощью комплекса дистилляции и ректификации. По данным завода, из синтетического сырья в среднем получается до 80 % светлых нефтепродуктов с температурой кипения до +350 °С (бензин-дизельная фракция) и до 20 % темных нефтепродуктов, с температурой кипения выше +350 °С (мазут). Таким образом, в сочетании с установкой энергогенерации, переработка отходов может осуществляться в автономном режиме при производительности комплекса от 0,125 до 1,25 т/ч по исходному сырью. При оснащении пиролизного комплекса блоком высокотемпературного крекинга возможно получение только синтез-газа с содержанием водорода (H₂) до 50–56 %, монооксида углерода (CO) до 28–32 % и других попутных газов. При этом утилизация углеродистого остатка может осуществляться в компактном модуле фильтрационного горения (беспламенный режим, температура окисления 900–1200 °С) до состояния золы с получением полезной теплоты (рис. 2).

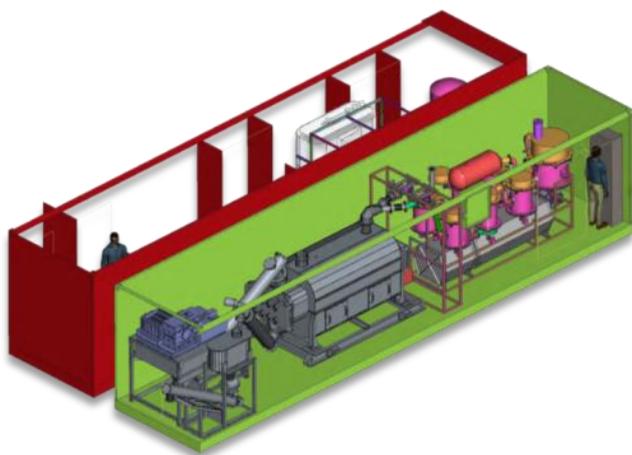


Рис. 1. Комплекс переработки отходов пиролизом «Пульсар» [16] контейнерное исполнение

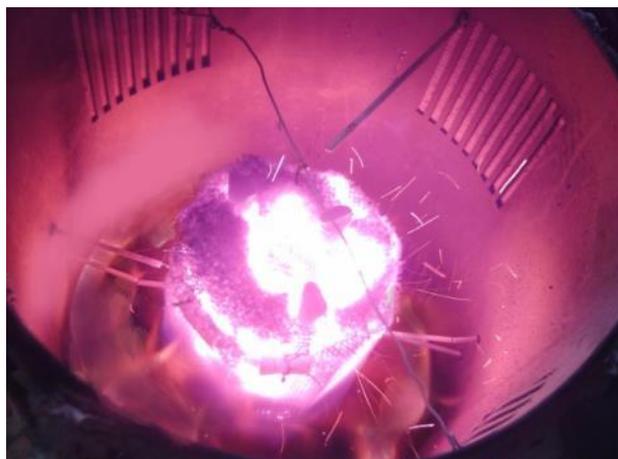


Рис. 2. Фото рабочего участка экспериментального стенда теплогенератора [17] с модулем фильтрационного горения

Исследования пиролиза нефтешлама и закономерности влияния содержания органической фракций на выход массовых долей пиролизной жидкости, газа и углеродистого остатка (рис. 3), дают возможность укрупненно оценить рентабельность применения технологии. Анализируя данные, можно рассчитать количество светлых и темных продуктов, потенциальных к получению путем переработки нефтешлама (рис. 4).

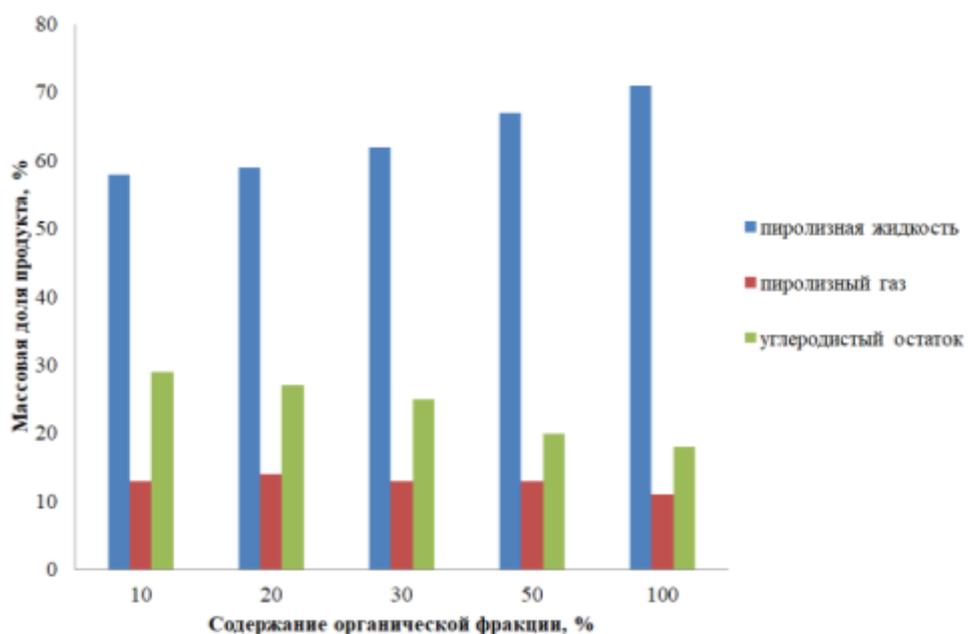


Рис. 3. Массовая доля продуктов пиролиза в зависимости от содержания органической (углеводородсодержащей) фракции в нефтеотходах [18]

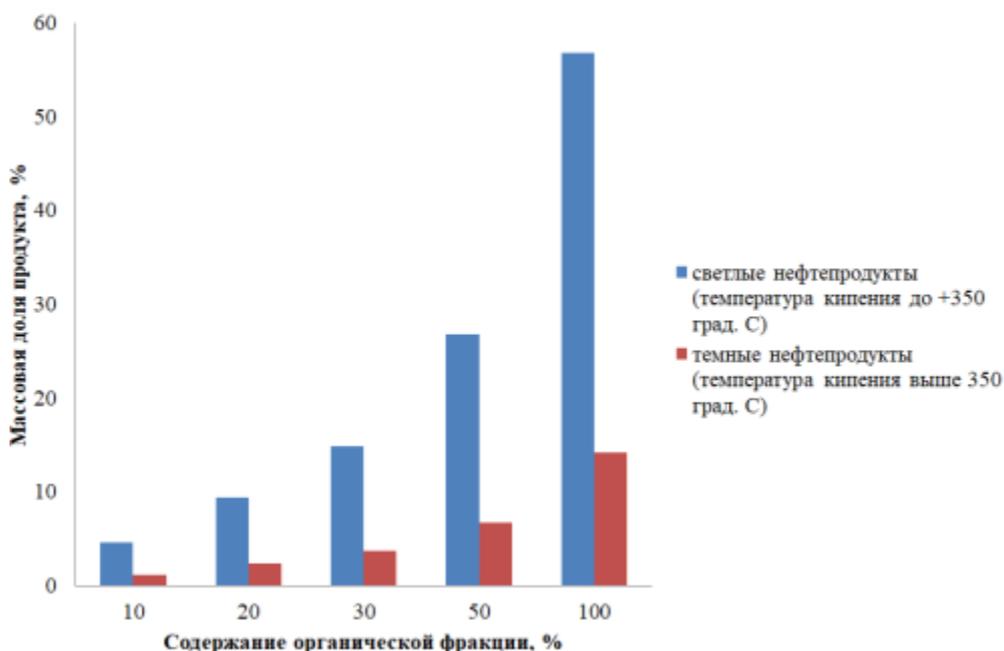


Рис. 4. Массовая доля продукта дистилляции, ректификации в зависимости от содержания органической (углеводородсодержащей) фракции в нефтеотходах [18]

Например, для обеспечения топливом энергоустановки ДГУ АД-1000-Т400-2РБК, 0,4 кВ номинальной производительностью 1000 кВт мобильным комплексом переработки отходов достаточно перерабатывать отход с массовой долей содержания органической (углеводород-

содержащей) фракции 30 % при количестве перерабатываемого отхода 1,25 т/ч. При этом диапазон энергопотребления комплекса «Пульсар» составит 250–450 кВт·ч [16].

Углубленный анализ данных [16, 18] показал, что массовая доля содержания в отходах органической фракции 20 % является достаточной для производства жидкого топлива в количестве, необходимом для нужд собственной энергогенерации, т. е. удовлетворения комплекса «Пульсар» в электрической энергии. Использование отходов с содержанием органической фракции менее 20 % является не достаточным в производстве топлива, энергогенерации для нужд комплекса переработки.

Существует множество конструктивных решений установок пиролиза с различной эффективностью своей работы. Учитывая это, для конструирования оптимального технологического комплекса и режима переработки необходимым становятся лабораторные исследования сырья, а именно: морфологический состав отходов, качественно – количественная оценка выхода продуктов пиролиза, отработка технологических режимов выхода ценных нефтепродуктов, эффективная утилизация неликвидных продуктов пиролиза: газ, углеводородная жидкость, твердый углеродистый остаток. Поэтому решение каждой конкретной задачи требует индивидуального подхода в разработке технологической цепочки и конструктивных решений технологических блоков комплекса переработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Редина М.М., Хаустов А.П., Вторичные ресурсы, образующиеся в нефтедобывающей промышленности // Энциклопедия технологий. – 2020. – С. 706–741.
2. Абдрахманов Р.Ф. Гидрогеоэкология Башкортостана. – Уфа: Информреклама, 2005. – 344 с.
3. Cherubini F., Bargigli S., Ulgiati S. Life cycle assessment (LCA) of waste management strategies: Landfilling, sorting plant and incineration // Energy. – 2009. – Vol. 34. – Iss. 12. – P. 2116–2123.
4. Дьяков М.С., Солдатенко Н.А., Глушанкова И.С. Обоснование выбора ресурсосберегающих технологий утилизации отработанных масел // Экология и промышленность России. – 2011. – № 5. – С. 16–19.
5. Наркевич И.П., Печковский В.В. Утилизация и ликвидация отходов технологии органических веществ. – М.: Химия, 1984. – 239 с.
6. Дадашев М.Н., Кобелев К.В., Раджабов З.М., Филенко Д.Г., Капустин М.А., Винокуров В.А. Экологические и экономические аспекты безопасной утилизации отходов перерабатывающих предприятий // Экология промышленного производства. – 2011. – № 1. – С. 49–54.
7. Венцулис Л.С., Воронов Н.В., Быстрова Н.Ю. Эколого-экономические ущербы от складированных на полигонах твердых бытовых отходов, образованных в Санкт-Петербурге за последние 40 лет // Вестник МАНЭБ. – 2015. – № 1. – С. 84–90.
8. Юзбеков М.А., Юзбеков А.К. Совершенствование экологической политики в регионе на основе оценки воздействий промышленного производства на качество жизни населения // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11. – С. 877–882.
9. Абдрахимов Ю.Р., Закирова З.А., Гайнуллина Л.А. Способы обеспечения экологической безопасности в нефтегазовой отрасли // Уральский экологический вестник. – 2014. – 2. – С. 91–97.
11. Бобович Б.Б., Девяткин В.В. Переработка отходов производства и потребления: справочное издание. – М.: Интермет Инжиниринг, 2000. – 496 с.
12. Жаров О.А., Лавров В.Л. Современные методы переработки нефтешламов // Экология производства. – 2004. – № 5. – С. 43–51.
13. Лотош В.Е. Переработка отходов природопользования. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС. – 2002. – 463 с.
14. Бобович Б.Б. Переработка промышленных отходов. – М.: СП Интермет Инжиниринг, 1999. – 445 с.
15. Шпербер Д.Р. Разработка ресурсосберегающих технологий переработки нефтешламов: дис. ... канд. техн. наук: 03.02.08. – Краснодар, 2014. – 154 с.
16. Эйвазова А.Г. Нефтяной шлам и возможные области его применения // XVIII Международная научно-практическая конференция «Современные техника и технологии». – 2012.
17. ООО «Завод Аэроэнергопром» [сайт]: <https://www.aerom.com>
18. Теплогенератор: пат. Рос. Федерация, № 2747900, заявл. 02.10.2020; опубл. 17.05.2021, Бюл. № 14. – 16 с.
19. Чалов К.В. Каталитический пиролиз нефтешламов: автореф. дис. ... канд. хим. наук. – Москва, 2013. – 18 с.