

УДК 66.013.8

## АНАЛИЗ СПОСОБОВ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ

П. Я. СТАРОДУБОВА

(Представлено: канд. техн. наук В. А. ДРОНЧЕНКО)

*Дан анализ существующих промышленных способов переработки и утилизации нефтесодержащих отходов. Обозначена проблема утилизации данных отходов для малых и средних предприятий. Рассмотрены возможные пути решения существующей проблемы. Предложено приготовить на основе нефтесодержащих отходов эмульсию и использовать ее в качестве антиадгезионной смазки при производстве железобетонных изделий.*

**Введение.** В Республике Беларусь наметилась положительная тенденция со сбором отработанных масел: в 2015 году было собрано 8,3 тыс. тонн отработанных масел [1], а в 2019 году 18,2 тыс. тонны [2]. Однако учитывая то, что в стране ежегодно потребляется более 100 тысяч тонн промышленных и автомобильных масел это не может считаться хорошим результатом. Ведь если представить, что весь объем несобранных отработанных масел попадет в подземные и грунтовые воды, то сможет загрязнить до предельно допустимой концентрации для питьевой воды сотни млрд м<sup>3</sup> воды, а при пересчете на предельно допустимую концентрацию в почве порядка полутора млрд тонн почвы сможет сделать непригодной для использования по сельскохозяйственному назначению.

Снижения рисков возникновения таких экологических опасностей можно достичь путем разработки и использования способов переработки и утилизации нефтесодержащих отходов (НСО), приемлемых для использования малыми и средними предприятиями. Анализ известных способов с целью поиска приемлемого решения для данных предприятий составляет актуальность представленной работы.

**Основная часть.** Лишь небольшая часть (как правило, смеси различных отработанных нефтяных масел, собираемых централизованно на промышленных предприятиях), подвергается переработке для возврата в производство свежих продуктов [3, 4].

Вторичная переработка с целью получения базовых масел различного состава и назначения осуществляется только на крупных специализированных предприятиях и предполагает применение комплекса процессов на основе физических и химических способов (вакуумной перегонки, гидроочистки, экстракции и др.) [3].

Ведущее место в утилизации НСО принадлежит странам Западной Европы [4], где созданы предприятия высокого технического уровня для их переработки. Этому способствует рост законодательных требований к экологическим свойствам товарных продуктов и охране окружающей среды.

Среди разнообразных промышленных процессов переработки нефтяных масел применяют сернокислотную, адсорбционную, гидравлическую, экстракционную очистки, тонкопеночное испарение и ультрафильтрацию. Используют также комбинированный процесс PROP с использованием химического способа демееталлизации масла [3].

Ведущее место в мире по объему перерабатываемого сырья занимают процессы с применением серной кислоты. Из мирового объема вторичной переработки отработанных масел на сернокислотную очистку приходится 80...87% ее объемов [3]. Основные способы из них следующие:

- кислотно-контактная очистка, в том числе совмещенная с атмосферно-вакуумной перегонкой, недостатками которой является возрастание количества трудноутилизуемых и экологически опасных отходов, а также невозможность удаления из отработанных масел полициклических аренов и высокотоксичных соединений хлора (в настоящее время в странах СНГ практически не используется);
- процесс IFP (Франция), в котором значительно снижен расход кислоты за счет использования в процессе жидкого пропана (выход основного продукта переработки более 80% мас.);
- процесс Matthys/Gagar (Франция), в котором расход кислоты снижается за счет центрифугирования масел перед сернокислотной очисткой, которая комбинируется с атмосферной и вакуумной перегонкой (выход очищенного масла составляет до 2/3 мас.);
- процесс Meinken (Германия), характеризуется как самый экологичный и экономически эффективный из сернокислотных процессов (включает термический крекинг отработанных масел в диапазоне температур среды от 320 до 340 °С);
- процессы с термической обработкой сырья, перспективным из которых является немецкий процесс ENTRA, требующий высокоточной регулировки температуры ( $300 \pm 0,1$  °С) и обеспечения времени пребывания масла в зоне нагрева в течение нескольких тысячных долей секунды (доля базового масла достигает при этом 85%).

В настоящее время широкое распространение получили процессы на основе адсорбционной очистки с предварительным отгоном топливных фракций и воды. Они занимают более половины доли рынка вторичной переработки масел США [4].

Процесс Rotovac (Финляндия) [3] позволяет обеспечить выход регенерированного масла до 92% мас., но требует сбора отработанных масел строго по маркам, что в условиях вспомогательного производства практически невозможно. Следует отметить сложность процесса, включающего предварительное отстаивание масел, фильтрование, атмосферную перегонку при температуре 100 °С, вакуумную перегонку при температуре до 550 °С и диапазоне давлений 1...100 Па, контактную очистку с использованием кислотно-активированного диатомита и присадок.

Комбинированную переработку с использованием коагуляции адсорбции используют в России [4]. Основным недостатком, которым является низкая активность используемых сорбентов (неактивированных глин), что существенно снижает качество конечных продуктов переработки. В Украине ведут исследования по регулировке сорбционных свойств различных дисперсных минералов, используемых для очистки отработанных масел, путем кислотной активации [4].

Весьма перспективен процесс вторичной переработки моторных масел КТИ с тонкоплочным испарением [3]. Наибольшее практическое применение находит роторный испаритель фирмы Luw (Швейцария), состоящий из корпуса с обогревающей рубашкой и турбулизирующего ротора-сепаратора. Близкая к КТИ схема разработана компанией BoothOilCo., Inc. (США). Ее отличие – включение в схему адсорбционной очистки.

В процессе Lubrex (Buss AG Verfahrenstechnik Luwa, Швейцария) в начале отработанные нефтепродукты обезвоживают перегонкой с водяным паром, а затем очищают бикарбонатами или гидроксидом натрия в диапазоне температур от 230 до 260 °С [3]. Процесс включает перегонку в вакуумной колонне с тонкоплочным испарением.

Процесс вторичной переработки отработанных масел Regelub (Франция) позволяет перерабатывать отработанные моторные и промышленные масла [3]. Он включает отгон топливных фракций и воды, термическую обработку с целью разрушения присадок при температуре 380 °С, ультрафильтрацию при температуре 380 °С, каталитическую гидроочистку и вакуумную перегонку. Основными преимуществами процесса Regelub являются экологическая чистота процесса, высокий выход и качество получаемых масел.

Утилизация отработанных пластичных смазок весьма специфична из-за твердообразного коллоидного состояния и многокомпонентного состава. Наиболее простым, но, как правило, крайне нерациональным способом является использование таких смазок в качестве топлива. В этом случае отработанную смазку нагревают до температуры разжижения и при перемешивании в нее вводят керосин. При этом следует отметить неустойчивое горение такого топлива [5].

Известен способ переработки, позволяющий из отработанных пластичных смазок экстрагировать масла с помощью растворителя на основе ацетона. Однако это может отрицательно влиять на окружающую среду и человека [5].

Разработана технология переработки отработанных пластичных смазок (натриевых и натриево-кальциевых), основой которой является перемешивание смазки с водой при температуре 80 °С и разделение полученной смеси на мыломасляную эмульсию и масло в результате отстаивания [5]. Эмульсию предложено использовать вместо метасиликата натрия (промышленного коагулянта при переработке отработанных промышленных масел), а масло – для приготовления свежих пластичных смазок. Следует отметить необходимость очистки как эмульсии, так и масла перед последующим использованием.

Предложено на базе смазок типа консталина готовить смазочно-охлаждающее техническое средство [4], которое в виде 1...5%-ного водного раствора можно использовать как для обработки металлов при тяжелых режимах резания. Следует отметить низкую стабильность данного средства, что требует перемешивания перед каждым применением.

Высокий уровень защитных свойств позволяет рекомендовать вводить отработанных пластичных смазок в состав противокоррозионных покрытий вместо используемых в таких композициях мыл (НГМ-МЛ и др.). Могут приготавливаться профилактические смазки для препятствия смерзанию и прилипанию к стенкам вагонов угля, гравия и других сыпучих грузов при транспортировке по железной дороге. Высокое содержание поверхностно-активных веществ в утилизируемых смазках (мыла, продукты окисления, присадки) позволяет использовать последние в качестве эффективных добавок к указанным продуктам [4]. Одним из негативных результатов такого использования является загрязнение почвы.

Наличие в отработанных растворах технических моющих средств (ТМС) нефтесодержащих продуктов повышает экономическую целесообразность их утилизации. Большинство способов переработки отработанных растворов ТМС включают разделение их на воду и масляный концентрат [6]. Масляный концентрат после очистки можно использовать для приготовления различных товарных продуктов [4, 6],

но на практике в большинстве случаев его утилизируют ресурсозатратными термическими способами, что экономически невыгодно [7].

Основным компонентом товарных материалов, используемых при изготовлении ЖБИ, являются масла. При этом обращает на себя внимание высокая цена данных материалов (таблица 1.).

Таблица 1. – Цена товарных антиадгезионных материалов [8, 9]

Наименование материала	Цена за 1 кг, BYN
АТ-5-Б	2,04
Масло 1-3	1,49
Смазка разделительная универсальная V40 SAWD 15	1,49
Смазка для форм и опалубки Normusend HLV-37 fast and strong	40,00
Смазка для опалубки Бетанол-С	2,61
Смазка для опалубки Масло 1-8	1,25
Смазка для форм силиконовая	8,00
Универсальный разделяющий спрей (смазка)	9,00
Эмульсол РВ	1,44
Эмульсол Р	1,50
Эмульсиол БЕТРОЛ	1,69
Эмульсиол Петрамин 7-05	2,34
Эмульсол универсал	1,61
Эмульсол ЭГТ	1,67
Эмульсол ЭКС-А	2,00

Для приготовления эмульсий и эмульсолов, используемых в качестве антиадгезионного покрытия форм, используют электрические мешалки (длительность процесса приготовления 5...8 часов) [4], ультразвуковое смешивание (например, в ванной с погруженным пьезокерамическим преобразователем с рабочей частотой обработки 22 кГц) [4].

**Заключение.** Все отмеченные выше процессы не могут быть реализованы в условиях малых и средних предприятий, так как требуют больших капитальных вложений и больших объемов НСО, подлежащих переработке. Однако если в непосредственной близости от их реализуется один из указанных процессов, то возможна сдача этим предприятиям НСО для переработки.

В настоящее время нет экономически обоснованных решений проблемы утилизации отработанных пластичных смазок, для небольших объемов отхода [4, 5].

Анализ литературных источников показал, что для отработанных растворов ТМС наиболее рациональными признаны сбор и утилизация непосредственно на местах потребления. Это объясняется тем, что основным компонентом отработанных растворов ТМС является вода, а транспортные расходы по доставке этих жидкостей на предприятия, оснащенные таким оборудованием, велики, то утилизация приносит убытки. Этот факт подталкивает многие предприятия к нелегальному сбросу отработанных растворов ТМС в сточные воды, что несет колоссальную потенциальную угрозу окружающей среде.

В Полоцком государственном университете разработана технология переработки и утилизации жидких нефтесодержащих отходов [4, 5]. Технология позволяет получить эмульсию на основе НСО из двух несмешивающихся жидкостей путем разрушения поверхности их раздела ударными волнами, генерируемыми пневматическим излучателем, с последующим использованием последней в качестве антиадгезионного покрытия форм при производстве ЖБИ. Полученный материал не уступает по эффективности товарным смазкам и имеет значительно более низкую себестоимость. Данная технология может эффективно использоваться малыми и средними предприятиями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Информация о сборе отработанных масел в РБ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.belta.by>. – Дата доступа: 15.11.2020.
2. Дронченко, В. А. Программа поиска оптимального технологического процесса термической утилизации нефтесодержащих отходов с обеспечением требований охраны труда / В. А. Дронченко, Т. С. Струк, О. В. Голубева // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2021. – № 11. – С. 73–78.
3. Смазочные материалы и проблемы экологии / А.Ю. Евдокимов [и др.]. – М.: ГУП Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2000. – 424 с.

2. Иванов, В. П. Охрана труда рабочих и защита окружающей среды от вредного влияния нефтесодержащих отходов: научное издание / В. П. Иванов, В. А. Дронченко. – Новополоцк: ПГУ, 2016. – 248 с.
3. Дронченко, В. А. Утилизация отработавших пластичных смазок / В. А. Дронченко // Горная механика и машиностроение. – 2015. – № 4. – С. 85 – 89.
4. Дронченко, В. А. Защита окружающей среды от вредного воздействия отработанных растворов, образующихся при погружной очистке машин и деталей / В. А. Дронченко, В. И. Семенов // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2017. – № 8. – С. 194 – 199.
5. Иванов, В.П. Утилизация нефтесодержащих сточных вод эмульгированием и сжиганием / В.П. Иванов, В.А. Дронченко, Т.В. Вигерина, С.В. Пилипенко, // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 2020. Т. 331– № 1. – С. 27–33
6. Каталог товаров. Смазка для опалубок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.minsk.deal.by/Smazka-dlya-opalubki.html>. – Дата доступ: 11.10.2020.
7. Каталог цен на эмульсолы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.marketoil.by/magazin/folder/zhidkostiformovochnye>. – Дата доступа: 01.11.2020.