

И. В. Ролевич, Г. И. Морзак, А. В. Щербакова

Учреждение образования «Белорусский национальный технический университет», Минск

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ

Введение. Проблемы экологической безопасности применения смазочных материалов неотделимы от утилизации отработанных масел и смазочных материалов (ОСМ), которые в настоящее время являются одними из наиболее распространённых техногенных отходов, негативно влияющих на все объекты окружающей среды. По данным государственной статистики, ежегодно в Республике Беларусь потребляется около 100 тыс. т смазочных автомобильных и промышленных масел, что приводит к образованию до 80—85 т ОСМ. Они составляют 60% нефтяных загрязнений, или 20% всех загрязнений окружающей среды. Постоянно растущий автопарк увеличивает эти количества. Кроме того, многие современные процессы переработки ОСМ приводят к образованию не утилизируемых отходов, более опасных, чем сами ОСМ. Поэтому экологическая оценка и разработка способов снижения влияния утилизации ОСМ на окружающую среду является важной проблемой для Беларуси.

Основная часть. Проведённые исследования показали, что отработанные смазочные материалы относят к категории опасных отходов, так как в них находится более 450 индивидуальных соединений. Среди последних важное место занимают парафиновые, нафтеновые и ароматические углеводороды, присадки, продукты старения и металлы. Например, масло автомобильное АК-10 содержит 56,5% (массовая доля) парафинов и нафтен и 40% — ароматических углеводородов. Содержание полициклических аренов в отработанных маслах в 10—100 раз превышает их количество в свежих продуктах. Полихлордифенилы и их производные в смесях ОСМ превышают исходные величины в 240 млн раз.

Приведём краткую характеристику четырёх групп углеводов, содержащихся в ОСМ:

1. Алканы (парафины) с общей формулой C_nH_{2n+2} . Углеводороды с $n = 5—17$ — жидкости с характерным «бензиновым» запахом. Высшие углеводороды с $n > 17$ — твёрдые вещества.

2. Циклоалканы — нафтеновые углеводороды (нафтен) с общей формулой C_nH_{2n} — насыщенные циклические углеводороды ряда циклопентана и циклогексана, а также более сложные полициклические соединения.

3. Ароматические углеводороды — непредельные циклические соединения ряда бензола. Общая формула C_nH_{2n-m} , где $n \geq 6$, $m \geq 6$ (чётное число). Ароматические соединения обладают повышенной устойчивостью структуры и более инертны к химическому окислению, чем алканы. Они хорошо растворимы в воде.

4. Асфальтены и смолы — гетероциклические и алифатические углеводороды. В них крупные фрагменты молекул связаны между собой мостиками, содержащими метиленовые группы и гетероатомы (S, O, N) в функциональных группах: карбонильной, карбоксильной и меркаптогруппе.

Из тяжёлых металлов в ОСМ первое место занимает свинец, попадающий в материалы в результате использования свинцовых антидетонаторов в топливе. Как следствие — ограничение использования тетраалкилсвинца, снижение содержания свинца в отработанных маслах с 1,0% до 0,1% в настоящее время. Однако даже и такое содержание свинца в ОСМ опасно для окружающей среды.

Сбор и утилизация отработанных смазочных материалов являются важными аспектами обращения этих отходов. В большинстве промышленно развитых стран этот процесс регулируется государственными законами, экологическими стандартами и экономическими условиями. Отметим, что существует немало технологий утилизации ОСМ. Однако отходы, образующиеся при этом, представляют зачастую ещё большую экологическую опасность, чем сами ОСМ.

При выборе метода утилизации отработанных масел руководствуются в первую очередь экологической безопасностью технологии. При таком подходе придерживаются концепции экологически чистого производства, которая отражает целостную систему принципов решения экологических проблем, возникающих на стадии проектирования и потребления продукции. Экологически чистое производство предполагает использование возобновляемой энергии и материалов, минимального количества ресурсов, а также производство отходов, которые можно вернуть в процесс производства [1; 2].

Экологический подход к технологиям регенерации ОСМ основан на предотвращении загрязнения окружающей среды. Он требует использования менее токсичных и более эффективных производственных процессов. Основные принципы такого подхода следующие [3]:

– *профилактический принцип*: дешевле и эффективнее предотвратить нанесение ущерба окружающей среде, чем пытаться управлять этим процессом. Для этого необходимо исследовать полный жизненный цикл масла — от сбора сырья до завершения его утилизации. Такой подход способствует разработке более надёжных альтернатив и созданию более чистых товаров и технологий. Например, профилактика требует разработки технологии получения нетоксичных товаров из материалов, которые затем

можно будет безопасно переработать или захоронить, избежав образования отходов, заканчивающих свой цикл в мусоросжигательной установке;

– *принцип целостности*: использование комплексного подхода к использованию и потреблению ресурсов окружающей среды, а также целостного подхода, чтобы не создать новых проблем, решая старые, или перенести опасность из одного сектора утилизации в другой. Комплексная переработка ОСМ включает сбор, выделение и переработку отходов в готовую продукцию или относительно экологобезопасные вещества, пригодные к безопасному захоронению. Предполагается максимальный выход продукции на каждой стадии переработки, что повышает эффективность производства и уменьшает образование отходов.

В связи с этим наиболее приемлемым представляется термин «малоотходная технология» — такой способ производства продукции, при котором вредное воздействие на окружающую среду не превышает уровня, допустимого санитарно-гигиеническими нормами. При этом по техническим, экономическим, организационным или другим причинам часть сырья и материалов переходит в неиспользуемые отходы и направляется на длительное хранение или захоронение [4].

Важнейшее условие организации малоотходного производства — наличие системы обезвреживания неиспользуемых отходов, в первую очередь — токсичных. При этом воздействие отходов на окружающую среду не должно превышать предельно допустимого уровня.

Исходя из рассмотренных выше методик и технологий, мы выделили следующие критерии, позволяющие судить об экологических рисках метода утилизации ОСМ:

- степень очистки конечного продукта;
- малоотходность технологии;
- возможность вторичного использования отходов;
- лёгкая утилизация образовавшихся отходов;
- их токсичность;
- использование экологически безопасных реагентов.

Величину экологического риска (опасности) G_{OP} рассчитывали по формуле $G_{OP} = (Y_{OP} + 1) P_Y \cdot (R_{OP} + 1) P_R - 1$, где Y_{OP} — показатель вреда, R_{OP} — показатель риска; P_Y и P_R — весовые коэффициенты вреда и риска, характеризующие относительный вклад вреда и риска в величину экологической опасности.

Согласно использовавшейся модели, вред населению от утилизации ОСМ состоит из двух составляющих: прямого вреда, непосредственно причиняемого населению, и косвенного, наносимого населению за счёт деградации среды обитания. Проведённые расчёты величины экологического риска позволили провести ранжирование методов утилизации отработанных масел и смазочных материалов (таблица 1).

Т а б л и ц а 1 — Ранжирование методов утилизации отработанных масел и смазочных материалов по степени экологических рисков

Характеристика методов утилизации ОСМ	Критерии оценки экологических рисков методов утилизации ОСМ	Конечный продукт	Ранг экологического риска
Термохимические методы крекинга и каталитического гидрирования	Гоп находится в пределах 1—30 Высокая степень очистки от основных экологически опасных компонентов, малоотходность технологий, использование экологически безопасных реагентов	Вторичные продукты	Низкий
Физико-химические методы фильтрации, коагуляции, экстракции, сепарирования	Гоп находится в пределах 30—60 Средняя степень очистки от основных экологически опасных компонентов, малоотходность технологий, использование экологически безопасных реагентов	Регенерированные масла с ухудшенными свойствами	Средний
Сжигание в специальных печах в качестве добавки к котельному топливу	Гоп находится в пределах 60—90 Средняя степень очистки от основных экологически опасных компонентов, малоотходность технологий, использование экологически безопасных реагентов	Тепловая энергия	Высокий

Как видно из приведённой таблицы, низким уровнем экологического риска обладают термохимические методы крекинга ОСМ и каталитического их гидрирования. Величина их экологического риска ($G_{оп}$) не превышает 1—30 условных единиц и оценивается как низкая. Процессы на основе термического крекинга, благодаря высокой гибкости технологии, позволяют решить широкий спектр проблем: перерабатывать как нефтяные, так и синтетические и растительные масла, а также ряд других продуктов, удалять из ОСМ все основные экологически опасные компоненты. Результатом термического крекинга и дистилляции является трансформация ОСМ в топливо, аналогичное дизельному, которое применяется в качестве горючего для отопления жилых помещений и других строений. Является максимально безотходным методом: выход целевого продукта составляет не менее 85% от перерабатываемого сырья, и только 25% составляют отходы в виде воды и кокса.

«Чистыми» с экологической точки зрения являются также и методы, основанные на каталитическом гидрировании ОСМ. Они характеризуются экологической безопасностью технологических процессов и позволяют сократить содержание в конечных продуктах количества серы и канцерогенных ненасыщенных углеводородов. Но методы, основанные на гидрировании, рациональнее использовать на конечном этапе очистки ОСМ, после стадии очистки в тонкоплёночных испарителях.

Средний уровень экологического риска имеют физико-химические методы утилизации ОСМ (фильтрация, коагуляция, экстракция, сепарирование). Они позволяют провести регенерацию ОСМ и получить конечный продукт с ухудшенными свойствами. Физические методы способствуют удалению лишь механических примесей, т. е. пыли, песка, частиц металлов, воды, смолистых, асфальтообразных, коксообразных и углистых веществ, а также горючего, не затрагивая при этом химической основы очищаемых масел. Эти методы непригодны для целей получения экологически безопасного топлива, особенно в отношении последующего удаления твёрдых частиц, галогенов и металлов типа свинца и меди (присутствие твёрдых частиц в маслах является следствием износа смазываемого оборудования).

Применение технологии коагуляции связано с использованием таких веществ, как тринатрийфосфат, жидкое стекло, кальцинированная сода, серная кислота. Они создают в маслах сильнощелочную или кислотную реакцию, что влечёт за собой необходимость их дополнительной обработки, а при утилизации отходов возникают значительные сложности.

Высокая экологическая опасность адсорбционной очистки связана с необходимостью утилизации большого количества отработанного сорбента, представляющего опасность для окружающей среды. Разработанная в России технология адсорбционной очистки включает в качестве

основной стадию коагуляции. Данная методика использует материалы со слабым токсическим и раздражающим действием, является практически безотходной (до 3% утилизируемых отходов, которые идут на производство пластичной смазки для нужд железнодорожного транспорта). Применение ионно-обменной очистки как разновидности адсорбционной не обеспечивает задержки смолистых веществ.

Заключение. Анализ существующих методов и способов обработки ОСМ позволил предложить основные критерии оценки экологических рисков технологий и методов регенерации и утилизации обработанных материалов. Степень очистки конечного продукта, малоотходность технологии, возможность вторичного использования отходов, лёгкая утилизация образуемых отходов, их токсичность, использование экологически безопасных реагентов — все эти критерии и организационные меры (при грамотном их учёте и использовании) позволят комплексно подойти к такой важной проблеме современности, как управление экологическими рисками утилизации ОСМ.

Список цитируемых источников

1. *Либерман, А. Н.* Техногенная безопасность: человеческий фактор / А. Н. Либерман. — СПб. : [б. и.], 2006 — 101 с.
2. *Артюхин, О. А.* Экологические риски как фактор воздействия на человека / О. А. Артюхин. — М. : [б. и.], 2001. — 201 с.
3. *Сердюков, С. И.* Оценка и управление рисками при обращении с композиционными материалами и их компонентами / С. И. Сердюков, А. С. Макарова. — М. : [б. и.], 2010. — 58 с.
4. Учебник по смазке — введение в масляный сервис / П. Немец [и др.]. — Гданьск : Изд-во Lotos Oil S. A., 2012. — 57 с.

Материал поступил в редакцию 05.09.2014.

УДК 502.7(477.82)(082)

А. С. Романив, В. П. Селецкий, А. С. Гудько

Международный экономико-гуманитарный университет имени академика С. Демьянчука, Ровно, Украина

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА В НАЦИОНАЛЬНОМ ПРИРОДНОМ ПАРКЕ «ПРИПЯТЬ-СТОХОД»

Введение. Национальный природный парк «Припять-Стоход» (далее — НПП «Припять-Стоход») создан 13 августа 2007 года в Любешивском районе Волынской области Украины. По биологическому разнообразию территория парка является одной из самых богатых в Европе, а из-за