

4. Azahar W.N.A.W., Jaya R.P., Hainin M.R., Bujang M., Ngadi N. Chemical modification of waste cooking oil to improve the physical and rheological properties of asphalt binder // Construction and Building materials, 2016. – V. 126. – P. 218–226.

5. Behnood A. Application of rejuvenators to improve the rheological and mechanical properties of asphalt binders and mixtures: A review // Journal of Cleaner Production, 2019. – V. 231. – P. 171–182.

6. Wang J., Songtao L., Liu J., Peng X., Lu W., Wang Z., Xie N. Performance evaluation of aged asphalt rejuvenated with various bio-oils based on rheological property index // Journal of Cleaner Production, 2023. – № 385. – P. 135593.

7. Zhou X., Zhang Z., Wang H., Chen M., Wu S., Xu S., Zhou X., Ran M., Li L., Lu G., Ma Z. Review on the properties and mechanisms of asphalt modified with bio-oil and biochar // Journal of Road Engineering, 2024. – № 4. – P. 421–432.

8. Zhang H., Yu J., Wu S. Effect of waste cooking oil on the properties of aged bitumen // Journal of Materials in Civil Engineering, 2012. – № 24. – P. 746–750.

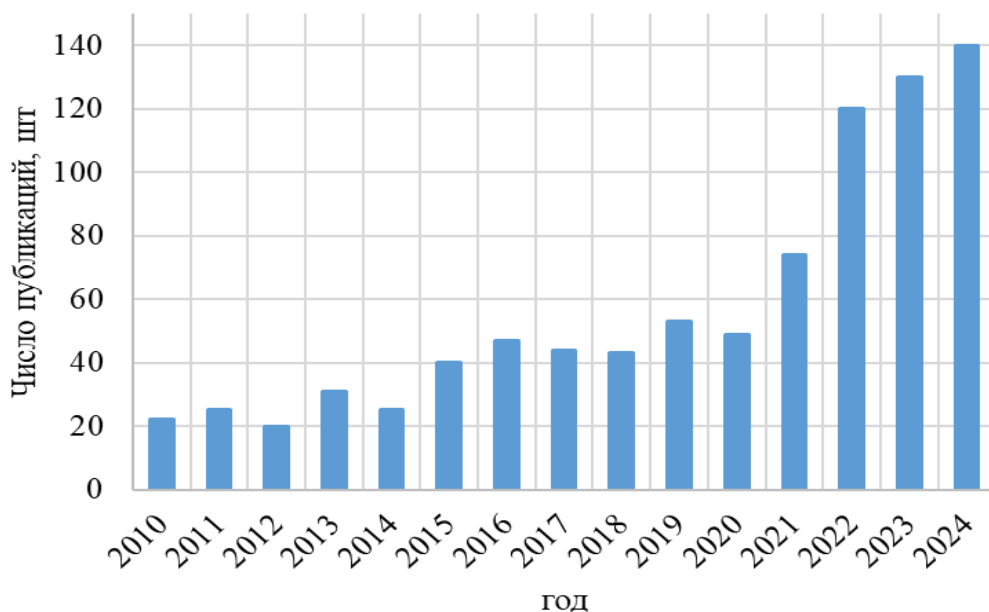
УДК 665.6:504.054:665.765

В. И. Жолнеркевич, асп.,
А. О. Шрубок, канд. техн. наук, доц.
(БГТУ, г. Минск)

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ

В настоящее время наблюдается быстрый рост объемов производства смазочных материалов. Среднегодовой темп роста производства масел составляет 3% и по прогнозам к 2030 году составит 55 млн. т. в год [1]. Рост производства масел приведет к увеличению объемов образующихся отработанных масел, переработка которых в настоящее время практически не ведется. Только около 19% отработанных масел подвергаются переработке, 15% используется как котельное топливо, а 66% сбрасывается в почву и водоемы, загрязняя окружающую среду [2]. Само отработанное масло состоит из масляной части, которая составляет 59%, остальная часть представляет собой механические примеси, воду, полициклические ароматические углеводороды, серу и топливную фракцию, удалив которые можно получить масляную основу для дальнейшего использования [3]. Кроме того, известно, что из 25 л отработанных масел можно получить 10 л товарного масла, для производства которого потребовалось бы 220 л

сырой нефти [4]. Анализ научно-технической информации показал, что с 2020 года возрос рост публикационной активности в области регенерации отработанных масел (рисунок), что подтверждает актуальность данной тематики.



**Рисунок – Число публикаций в научных журналах по годам
(по данным ScienceDirect.com)**

Существующие способы очистки отработанных масел можно разделить на три категории [5]: физические, химические и физико-химические. К физическим относят отстаивание, фильтрование, перегонку и адсорбцию. Недостатком таких методов является удаление только твердых частиц загрязнений и воды. К химическим способом очистки относят кислотную и щелочную очистку. Несколько лет назад, кислотная очистка использовалась довольно часто. Она позволяет удалить не только механические примеси и воду, но и продукты старения. Однако с ростом содержания присадок в маслах расход кислоты и сорбентов при сернокислотной очистки растет. В результате возрастает количество трудно утилизируемых и экологически опасных отходов, что привело к отказу от этого метода. К физико-химическим способам очистки относят коагуляцию различными реагентами, в роли которых могут выступать соли, амины, поверхностно-активные вещества (ПАВ). Также сюда относят селективную очистку растворителями. Недостатками таких методов являются частичное удаление механических примесей и необходимость стадии отделения используемых реагентов. Кроме того, в случае селективной очистки требуется большой расход растворителя. Данные способы очистки не

позволяют в полной мере удалить все загрязнения с получением масел, отвечающих требованиям, предъявляемые к базовым маслам, поэтому применяют комбинацию методов очистки. Как правило, комбинированные методы предполагают стадии предварительной очистки: удаление примесей, воды, после чего идет стадия удаления легких фракций. Далее в зависимости от конечной желаемой продукции используют комбинацию различных методов. Каждая комбинированная технология имеет свои плюсы и недостатки [6]. Так технология с применением термического крекинга позволяет получить разнообразные продукты (печное топливо, битум, бензин, кокс). Однако эффективность данного процесса снижается, если в составе отработанного масла есть синтетические составляющие. Большой практический интерес представляет процесс регенерации с применением гидроочистки, который позволяет получить базовые масла по своим свойствам, не уступающие маслам, полученным из нефти. Недостатком данного процесса является потребление большого количества водорода, а порог экономической целесообразности составляет 200–400 тыс. т. в год. Процессы регенерации с применением ректификации предполагают стадии удаления отработанных присадок и механических примесей в процессе коагуляции. При этом, в зависимости от типа перерабатываемого сырья используют различные коагулянты или их композиции, что требует предварительных лабораторных испытаний.

Несмотря на многообразие способов очистки отработанных масел до сих пор не осуществляется крупномасштабная переработка. Одна из причин – экономический фактор [6]. Получить базовое масло из нефти дешевле в два раза, чем выделить с применением процесса гидроочистки и почти в три раза дешевле в случае регенерации с применением ректификации. Еще одна причина – это непостоянство состава. На территории Республики Беларусь не осуществляется отдельный сбор отработанных масел, что приводит к необходимости регулирования технологического процесса на каждой стадии очистки. Кроме того, для технологических установок необходимо непрерывная поставка сырья. Совокупность этих факторов приводит к необходимости разработки технологически простой схемы процесса регенерации отработанных масел, что позволит снизить стоимость конечной продукции. Как было показано выше, первым этапом очистки отработанных масел является удаления механических примесей и воды. Как правило, эта стадия осуществляется за счет добавления специальных реагентов, т.е. происходит процесс коагуляции. Подобрать реагент, который позволит удалить не только механические примеси и воду, а и продукты старения, позволит сократить количество последующих стадий очистки отработанных масел. В качестве коагулянтов используют различные реаген-

ты [7], из которых самым дешевым и доступным являются водные растворы солей, которые позволяют удалить только механические примеси и воду. Известно применение [8] смеси аминов с кислотами и солями, которые позволяет также удалять продукты окисления. Кроме того, встречаются литературные данные об очистке отработанных масел водными растворами ПАВ и смесью ПАВ с растворами солей. Такие системы позволяют удалять как продукты окисления, так металлы, поэтому они представляют интерес для очистки отработанных масел. Таким образом, показано, что перспективным направлением очистки отработанных масел является процесс коагуляционной очистки, а разработка новых эффективных реагентов – актуальной задачей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lubricants Market Size, Share & Trends Analysis Report By Application (Automotive, Industrial, Marine, Aerospace), By Base Oil (Mineral Oil, Synthetic Oil, Bio-based Oil), By Region, And Segment Forecasts, 2024–2030. URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/lubricants-market> (дата обращения 01.02.2025).
2. 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.
3. Черномазова Т. Г. Обоснование способа регенерации отработанного моторного масла NESTE TURBO SAE 10W-40 // Актуальные проблемы науки и техники глазами молодых ученых : материалы Международной научно-практической конференции, Омск, 08–09 февраля 2016 года. – Омск: 2016. – С. 99–106.
4. Озеренко А. А., Куликов А. Б., Фросин С. Б., Дунаев С. В., Лесин А. В. Переработка отработанного моторного масла (обзор) // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2023. – № 1. – С. 21–27.
5. Абашкин Р. И., Алехин А. В. Анализ способов очистки отработанных моторных масел // Наука и Образование. – 2022. – Т. 5. – № 2. – EDN KVBFEV.
6. Кутепова Ж. В. Методы утилизации отработанных моторных масел // Вестник МАДИ. – 2010. – Вып. 3 (22). – С. 92–96.
7. Kun-Chin Hung, Bing—Hung Chen, Liya E. Yu. Cloud-point extraction of selected polycyclic aromatic hydrocarbons by nonionic surfactants // Separation and Purification Technology. – 2007. – Vol. 57. – P. 1–10.
8. Wael I. Mortada. Recent developments and applications of cloud point extraction: a critical review // Microchemical Journal. – 2020. – Vol. 157. – 105055.