

УДК 543.4

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТВЕРДЫХ ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ НА ОСНОВЕ ОПТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ В СОЧЕТАНИИ С МНОГОМЕРНЫМИ МЕТОДАМИ АНАЛИЗА

Шелеманова А.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.хим.н., старший преподаватель, Ситникова В.Е.
(Университет ИТМО)

Современная ситуация, связанная с оборотом твёрдых пластиковых отходов, близка к критической: перерабатывается около 16%, основная часть утилизируется, что негативно сказывается на природных ресурсах. Работа посвящена разработке метода сортировки пластиковой тары. С использованием методов инфракрасной спектроскопии и метода главных компонент был выполнен анализ порядка 100 образцов пластиковых отходов.

Введение. Пластиковые отходы представляют собой разные виды отслуживших изделий и материалов, изготовленных из синтетических полимеров. Безусловно, продукция из полимеров имеет множество преимуществ, связанных со свойствами материала и экономической выгодой его использования. Однако полимерные материалы крайне сложно поддаются биологическому разложению, что негативно сказывается на экологии. Сейчас перерабатывается лишь небольшая часть пластиковых отходов (около 16%), основная часть утилизируется.

Одним из наиболее важных процессов в утилизации пластика является его сортировка, а именно обнаружение материала, подлежащего переработке. Это необходимо для максимально эффективного вторичного использования. Для подобных целей был изобретён маркировочный знак, наносимый на упаковку. С помощью маркировки реализуется ручной метод сортировки. К сожалению, в настоящее время маркировка изделий практически не регламентируется законодательством РФ: производитель обязан обозначить полимерный материал, из которого изготовлено изделие, однако чистота данного материала не контролируется.

Также известны следующие методы сортировки: сепарация, грохочение, оптические способы (на основе сенсоров в видимой и ИК-области спектра частот), технологии машинного обучения (определение по фотографии), распознавание по штрихкоду и комбинированные методы. Механические методы (сепарация и грохочение) подразумевают сортировку объектов по форм-фактору. Доказана эффективность оптических методов, так как их результативность на порядок выше.

В результате анализа текущего состояния проблемы был сделан вывод о необходимости создания собственной системы сортировки пластиковой тары, которая объединит в себе достоинства оптического метода, а также компактность и экономичность.

Основная часть. Инфракрасная (ИК) спектроскопия является ценным аналитическим методом и служит для исследования строения многих веществ, в том числе полимерных соединений. В силу высокой информативности спектров и разнообразия возможностей их получения ИК-спектроскопия уже давно считается одним из важнейших методов анализа. Большое количество различных правил и закономерностей позволяет достаточно быстро делать достоверные прогнозы о строении анализируемого вещества.

Для проведения исследования была подготовлена база образцов из пластиковых отходов, используемых в быту (порядка 100 образцов), включая напитки, бытовую химию, косметику, лекарства и пищевую тару. Также были подготовлены образцы чистых полимеров.

Измерения проводились на Фурье-ИК спектрометре Tensor 37 фирмы Bruker с приставкой нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) (кристалл ZnSe с алмазным напылением). Спектры каждого образца регистрировали с разрешением 2 см^{-1} и усреднялись по 32 измерениям. В ходе исследования измерялись спектры с помощью программного пакета OPUS со стандартными градуировочными возможностями, в диапазоне частот $4000\text{--}600 \text{ см}^{-1}$

в формате поглощения $A = f(\nu, \text{см}^{-1})$, где $A = \log(100/R)$ – поглощение, ν – волновое число, см^{-1} ; R – коэффициент отражения, %. Каждый образец измерялся в трех разных точках.

Для обработки спектров использовались методы анализа многомерных данных, а именно модель главных компонент (МГК). Основная цель данного метода – замена исходного описания образцов на новую форму, представленную в пространстве главных компонент. МГК решает две задачи: перевод данных в более подходящую систему координат и уменьшение размерности. При исследовании данных методом МГК особое внимание уделялось графикам счетов. На графике счетов каждый образец изображался в координатах обозначаемых PC1 и PC2. Близость двух точек означала их схожесть, т.е. положительную корреляцию.

Выводы. В результате работы были сделаны следующие выводы:

- Выбранный метод ИК спектроскопии действительно может быть применим для идентификации твёрдых полимерных отходов: типы пластика образуют группы, необходимые для идентификации.
- Необходима более тщательная проработка законодательства в сфере маркировки. В ходе исследования было обнаружено, что некоторые производители указывают не совсем верную информацию на упаковке: часть образцов были изготовлены из полимера, отличного от указанного на маркировке.
- Также было отмечено, что часть образцов представляет собой смесь различных полимеров, что требует дополнительных анализов.

Шелеманова А.А. (автор)

Подпись

Ситникова В.Е. (научный руководитель)

Подпись