

Д.С. Сергиевич, ассист.;
В.Н. Леонтьев, доц., канд. хим. наук, зав. кафедры биотехнологии
(БГТУ, г. Минск)

ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В ОЦЕНКЕ БИОДЕГРАДАЦИИ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИЭФИРОВ

Благодаря достижениям в области химической технологии и росту населения пластиковые материалы нашли широкое применение во всех сферах жизни и промышленности. Это превратило производство полимерных материалов в одну из основных мировых индустрий. Вместе с тем, наряду с расширением сфер применения полимерных материалов, встает важный вопрос о необходимости снижения влияния на окружающую среду полимерных отходов, представляющих собой угрозу экологии планеты в целом. Повышение количества синтетических полимерных отходов главным образом связано с высокой стойкостью подобных материалов к физико-химическому и биологическому разложению [1].

Следует учитывать, что различные полимеры существенно отличаются друг от друга по многим параметрам, определяющим свойства этих материалов. Поэтому сложно подобрать оптимальный метод исследования подверженности того или иного полимерного материала биодеградациии в естественных природных условиях.

Поскольку многие физические и химические изменения в структуре полимера под действием различных факторов сопровождаются тепловыми эффектами, а при прохождении глубоких изменений снижением массы образцов, это позволяет применять для исследования ряда свойств полимеров термический анализ.

Термический анализ (ТА) – метод исследования физико-химических и химических превращений, происходящих в веществе в условиях программированного изменения температуры. Термин «термический анализ» охватывает ряд методов, в которых физическое состояние вещества и (или) продуктов его реакций измеряется как функция температуры, в то время, как вещество подвергается воздействию температуры.

В последнее время наибольшее распространение получили дифференциальные термогравиметрические анализаторы (ДТГА), способные к одновременному измерению как термического поведения, так и изменения веса образца.

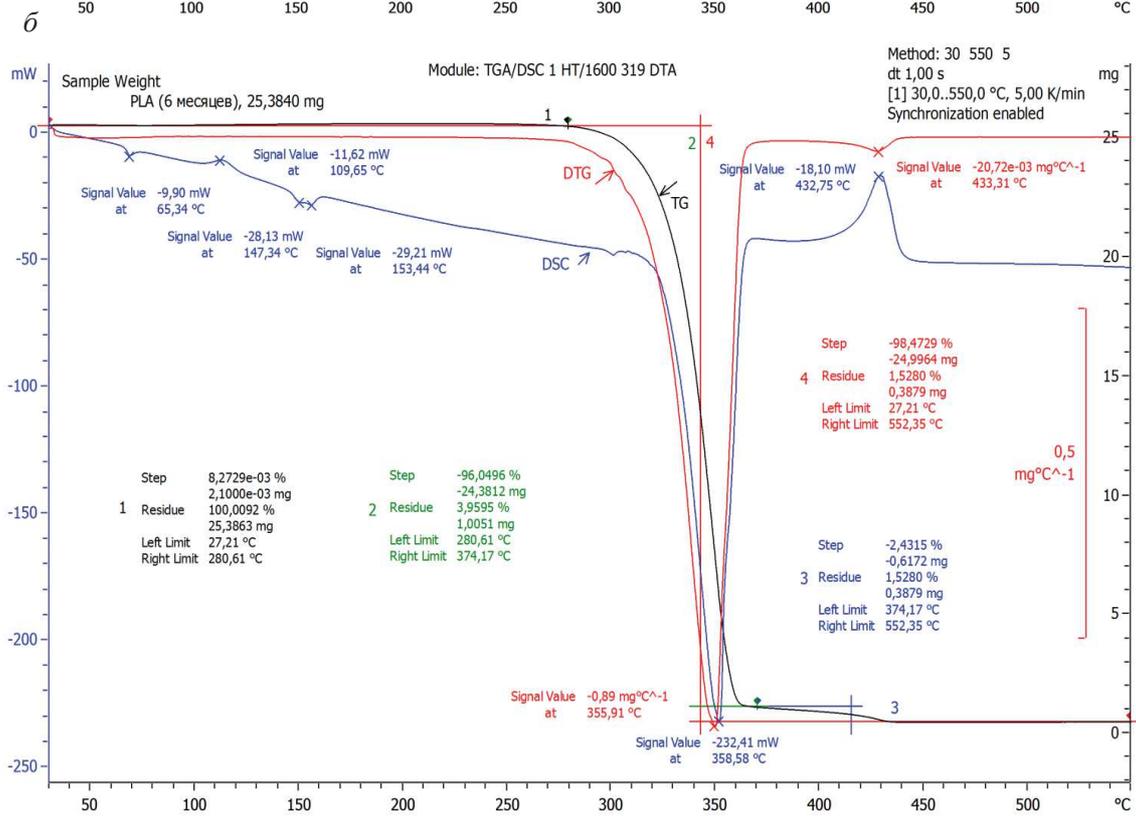
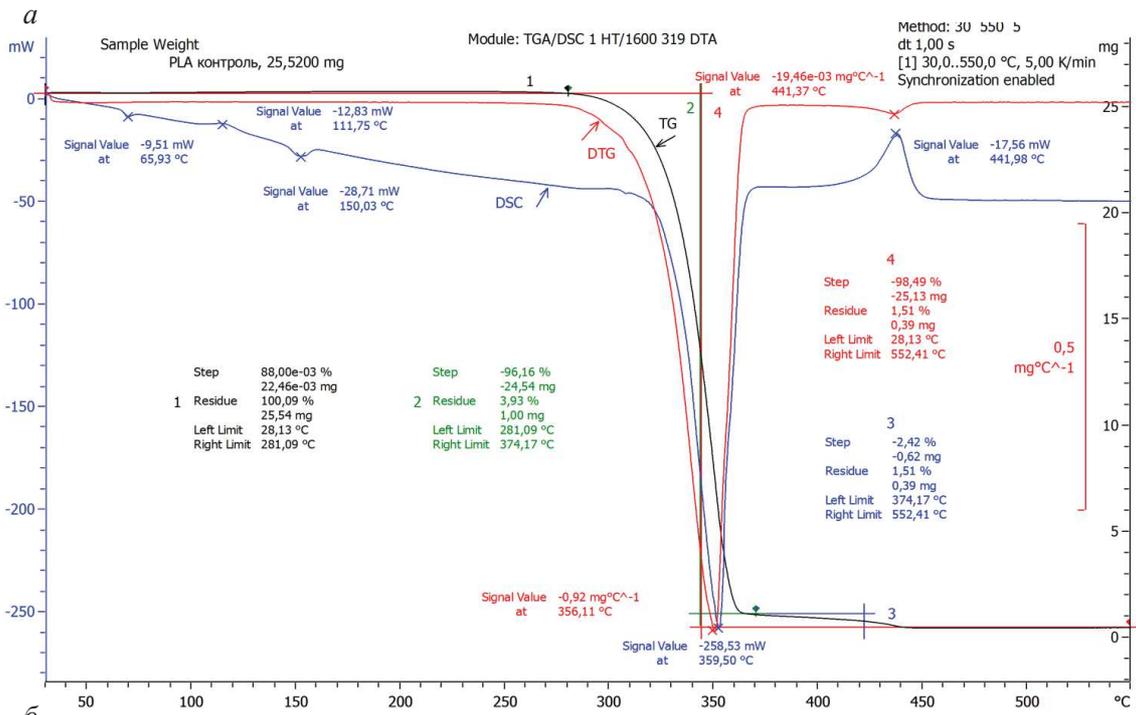
При синхронном ТГ-ДТА/ДСК анализе одновременно измеряется изменение теплового эффекта и массы образца как функция от температуры или времени. При этом, в зависимости от цели эксперимента, может использоваться различная контролируемая атмосфера, как инертного газа, так и содержащая кислород при моделировании процессов окисления.

На сегодняшний день методы термического анализа в химии полимерных материалов используют для определения температур стеклования (T_c), плавления ($T_{пл}$), кристаллизации (T_k), термической деструкции (кинетики и механизма деструкции), термостойкости, окислительной деструкции полимера, определения состава композиционных материалов, количества влаги и летучих компонентов, зольности и идентификации полимеров. Этими методами также определяют теплоты плавления, испарения, кристаллизации, разложения, энтропию межфазных переходов.

В проведенном исследовании биodeградации полилактида под воздействием бактериальной тест-культуры *Pseudomonas* sp. Л.4' в течение 6 месяцев совместного инкубирования в жидкой питательной среде [2] использовали совмещенный термический анализ методами дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и термогравиметрии (ТГА) на термоаналитической системе ТА-4000 "Mettler Toledo" (Швейцария), оснащённой программной опцией «STAR». Режим работы дериватографа следующий: скорость нагрева/ охлаждения 5 град/мин, интервал измерений от 30 °С до 550 °С. В качестве продуваемого газа использовали воздух.

О глубине биodeградации судили по различиям температурных характеристик. В результате получена серия термограмм, наиболее характерные представлены на рисунке 1 (а, б).

Ранее нами уже была исследована биodeградация полимерных пленок, изготовленных из аналогичного полилактида, в ходе лабораторного компостирования в течение 6 месяцев. О глубине процесса биодеструкции судили также с помощью совмещенного термического анализа. В ходе, которого установлено, что при компостировании в мезофильных условиях (температуры 22-25 °С) основные температурные характеристики пленок полилактида изменяются в незначительных пределах: температура холодной кристаллизации снизилась на 1,2 °С; температура плавления не изменилась и составила 150,01 °С; температура максимальной скорости разложения упала на 0,25 °С.



a – Термограмма образца PLA не подвергавшегося воздействию бактерий;
б – Термограмма образца PLA подвергнутого воздействию бактерий *Pseudomonas* sp. Л.4'

Рисунок 1 – Термограммы порошка полилактида

Как видно из представленных термограмм, при инкубации полимерного порошка с тест-бактериями *Pseudomonas sp.* Л.4' на протяжении 6 месяцев произошли несущественные изменения термических характеристик: температура холодной кристаллизации снизилась на 2,1 °С; температура плавления аморфной части изменилась, разделившись на 2 локальных пика соответствующим температурам 147,3 °С и 153,1 °С; температура максимальной скорости разложения упала на 0,9 °С.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что биодegradация полилактида в мезофильных условиях протекает весьма медленно. В течение 6 месяцев не удается добиться существенного изменения полимерной структуры, о чем свидетельствует отсутствие существенных температурных сдвигов, характеризующих изменение степени полимеризации, изменение степени окисленности структурных единиц полимера.

Таким образом, методами термического анализа показано смещение температур холодной кристаллизации и плавления при процессах биологической деградации полилактида.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лапицкая Н.П., Трояновская Е.Н., Кузьменкова Н.В., Ищенко Н.С. Экологические и экономические аспекты ресурсосбережения. // Актуальная биотехнология – 2015. – №2 (13). – С. 53-57.
2. Сергиевич, Д. С. Биодegradация пленочных композиционных материалов / Д. С. Сергиевич, Н. А. Белясова // Технология органических веществ: тезисы докл. 83-й науч.-техн. конф. профес.-препод. состава, науч. сотруд. и аспирантов, Минск, 4-15 февр. 2019 г. [Электронный ресурс] / БГТУ. – Минск, 2019. – С. 62.