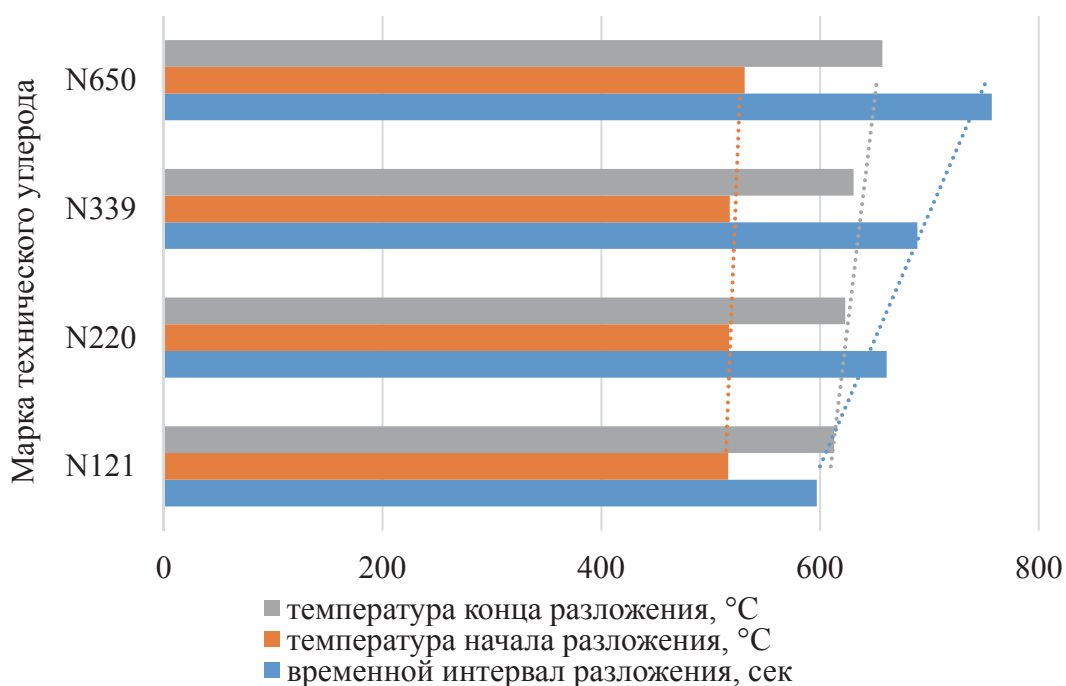


Ниже на диаграмме (рис. 2) отражены временные и температурные диапазоны разложения разных марок технического углерода в проанализированных смесях.



**Рисунок 2 – Диаграмма временных и температурных диапазонов разложения разных марок технического углерода**

Таким образом, по температурам разложения и скорости сгорания разных марок технического углерода, возможно идентифицировать марку техуглерода в той или иной резиновой смеси.

УДК 547.1

**Синельникова Ю.Е., Уваров Н.Ф.**

(Новосибирский государственный технический университет,  
Институт химии твердого тела и механохимии  
Сибирского отделения Российской академии наук)

**Савицкая Т.Ю.**

(Белорусский государственный технологический университет)

### **ТЕМПЛАТНЫЙ СИНТЕЗ МЕЗОПОРИСТЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

В последние годы огромный интерес получили устройства, способные сохранять энергию в течение долгого времени. Такими устройствами являются электрические двухслойные конденсаторы,

которые в современном мире широко применяются в электротранспорте. Подобные конденсаторы хранят электрический заряд в двойном слое, образованном на границе раздела электрод/электролит. Уникальные свойства суперконденсаторов в основном зависят от используемого электродного материала, который должен обладать большой площадью удельной поверхности для накопления большего заряда, высокой электропроводностью, а также оптимальными размерами и распределением пор, обеспечивающим доступность и смачивание всей поверхности материала электролитом. Таким требованиям удовлетворяют пористые углеродные материалы. Поры в таких материалах могут быть различного размера. Так, микропоры обеспечивают большую площадь поверхности и играют важную роль для зарядки двойного электрического слоя и определения значения емкости, а мезопоры, в свою очередь, способствуют хорошему проникновению электролита, что обеспечивает высокую плотность мощности [1].

Пористые углеродные материалы, такие как активированный углерод, синтезируются путем пиролиза и химической активации органических прекурсоров, таких как высокомолекулярные полимеры и растительное сырьё, при высоких температурах. Такой традиционный метод синтеза активированного углерода дает только неупорядоченные материалы. На сегодняшний день получение высокоупорядоченных углеродных структур остается сложной задачей и для того чтобы разработать новые углеродные материалы с улучшенными характеристиками и желаемой структурой для конкретных приложений необходимо внедрить новые синтетические методы в их получение. Эти методы заключаются в следующем: 1) физическая обработка с высокотемпературной активацией углерода; 2) карбонизация прекурсора углерода, состоящего из одного термореактивного компонента и одного термически нестабильного компонента; 3) самосборка с использованием мягких темплатов путем совместной конденсации и карбонизации; и 4) репликационный синтез с предварительно синтезированными твердыми матрицами посредством пропитки, карбонизации и удаления матрицы. Среди них методы (3) и (4) называются методами синтеза с мягким темплатом и синтезом с твердым темплатом, соответственно[2].

За последние два десятилетия синтез пористых углеродных материалов с использованием твердых и мягких темплатов оказался наиболее успешным для получения мезопористого углерода с упорядоченной структурой пор и узким распределением пор по размерам. Использование твердой матрицы по сравнению с мягким темплатом устраняет необходимость контроля процессов гидролиза и конденсации

побочных соединений и их взаимодействия с поверхностно - активными веществами. Метод синтеза с использованием твердого темплата обеспечивает полное заполнение мезоканалов. Благодаря стойкости подобного темплата к высоким температурам можно получать хорошо закристаллизованные и даже монокристаллические материалы. В качестве твердых темплатов могут быть использованы металлы, металл-органические каркасы, неорганические соли и оксиды.

В связи с этим планируется провести синтез пористых углеродных материалов темплатным методом, с использованием фенолформальдегидной смолы в качестве источника углерода и нанокристаллического MgO в качестве твердого темплата [3, 4]. Выбор фенолформальдегидной смолы, как прекурсора углерода, обусловлен дешевой стоимостью фенола и формальдегида, а также простой и воспроизводимой методикой полимеризации этих соединений с образованием устойчивого нерастворимого в воде полимера. Введение твердого темплата в смолу будет происходить *in-situ*, в процессе разложения цитрата магния. Данный термический процесс был изучен термогравиметрическим методом, рентгенофазовым анализом и ИК-спектроскопией. Благодаря чему было доказано образование нанокристаллического оксида магния в процессе разложения цитрата магния при температурах свыше 500<sup>0</sup>С.

Предполагается, что в процессе полимеризации и дальнейшей карбонизации данной системы будет образовываться мезопористый углеродный материал с удельной поверхностью 1700-2000 м<sup>2</sup>/г. Полученный материал будет исследован адсорбционным методом, который позволит получить данные об удельной поверхности и распределении пор по размерам, рентгенофазовым анализом, с помощью которого можно будет подтвердить наличие мезопор, а также методом циклической вольтамперометрии для оценивания значения ёмкости. Ранее было показано, что для широкого ряда различных углеродных материалов выполняется линейное соотношение, связывающее величины удельной емкости двойного слоя и удельной поверхности углеродного материала:  $C_{уд} [\text{Ф/Г}] = 0,1 S_{уд} [\text{м}^2/\text{Г}]$ , которое позволяет произвести предварительную оценку величин удельной емкости углеродного материала и выяснить, удовлетворяет ли данный материал заданным требованиям. Ожидается, что полученный мезопористый углеродный материал будет обладать характеристиками, удовлетворяющими для применения его в качестве электродного материала для суперконденсаторов. Также возможно его применение в качестве современных материалов в таких областях, как катализ, микроэлектроника, медицинская диагностика, хранение энергии и охрана окружающей среды.

Работа проведена в рамках Тематического плана НГТУ, проект ТП-ХХТ-1\_20.

### Литература

1. Wang Y., Wang C. Templated mesoporous carbons and their performance for electric double layer capacitors // *New carbon materials*. 2010. – Vol. 25, iss. 5. – P. 376 – 381.
2. Ordered Mesoporous Carbon: Fabrication, Characterization, and Application as Adsorbents / W. Shou, R. Guo, H. Pan, D. D. Gang // *Dekker Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, Third Edition*. 2015. – P. 1–14.
3. Templated mesoporous carbons: Synthesis and applications. / M. Inagaki, M. Toyoda, Y. Soneda, S. Tsujimura, T. Morishita // *Carbon*. 2016. – Vol. 107. – P. 448 – 473.
4. A review of the control of pore structure in MgO-templated nanoporous carbons / T. Morishita, T. Tsumura, et al. // *Carbon*. 2010. – Vol. 48. – P. 2690 – 2707.

УДК 620.193.9

**Флюрик Е.А., Крутько Э.Т.**

(Белорусский государственный технологический университет)

### **ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ НА ПОЛИПИРОМЕЛЛИТИМИДНЫЕ ПОЛИМЕРЫ**

Проблема биоповреждений является комплексной как в научном, так и в практическом смысле. Данная проблема включает в себя не только выбор способа защиты материалов от биодеструкции, но и изучение механизмов биоповреждений.

В настоящее время практически любой материал подвержен воздействию микроорганизмов. Ученые [1] установили, что в реальных условиях эксплуатации наиболее часто подвергаются воздействию микроорганизмов полимерные (28,5 % от общего числа), горючесмазочные (27,4 %) материалы, лакокрасочные покрытия (16,2 %), металлы и сплавы (12,6 %), в то время как в лабораторных экспериментах эти материалы могли проявлять высокую микробиологическую стойкость.

На кафедре биотехнологии и биоэкологии проводили испытания образцов полипиромеллитимидных имидных пленочных материалов к воздействию микроорганизмов-биодеструкторов. В качестве тест-культур