

Т. Г. Черкасова<sup>1</sup>, проф., д-р хим. наук;  
С. П. Субботин<sup>1,2</sup>, доц., канд. экон. наук;  
Е. В. Васильева<sup>1</sup>, доц., канд. техн. наук;  
А. В. Неведров<sup>1</sup>, доц., канд. техн. наук;  
А. В. Папин<sup>1</sup>, доц., канд. техн. наук;  
В. С. Солодов<sup>1,2</sup>, ст. преп., начальник ЦЗЛ;  
И. С. Ветошкина<sup>2</sup>, инженер ЦЗЛ

(<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», г. Кемерово, РФ;

<sup>2</sup>ПАО «Кокс», г. Кемерово, РФ,)

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ МЕЗОФАЗНОГО ПЕКА МЕТОДОМ ТЕРМИЧЕСКОГО РАСТВОРЕНИЯ УГЛЕЙ

Развитие научно-технического прогресса, появление более высоких требований к свойствам продуктов, ужесточение экологических стандартов, все это стимулирует увеличение объемов потребления углеродных волокон и продуктов на их основе. За период с 2008 по 2013 годы потребление углеродных волокон в мире выросло практически в 1,6 раза и достигло 48 тыс. т. Согласно прогнозам экспертов Carbon Composites e.V., к 2020 году эта цифра может составить уже около 130 тыс. т.

Углеродное волокно – наноструктурированный органический материал, содержащий 92–99,99 % углерода и обладающий высокими значениями прочности и модуля упругости. Его получают путем высокотемпературных превращений без доступа воздуха (процесс пиролиза) из полимерных либо пековых волокон (прекурсоров), дающих наибольший выход углеродного остатка при пиролизе. В зависимости от природы прекурсора и режимов производства получают углеродные волокна с различными свойствами: высокопрочные, либо высокомодульные волокна с повышенной прочностью и удлинением, а также многоцелевые углеродные общего назначения (табл. 1) [1].

Из анализа таблицы можно заключить, что волокна на основе пека отличаются высокими значениями прочности и модуля упругости и являются самыми дорогостоящими, но в Российской Федерации из-за отсутствия качественного сырья они не производятся.

Для производства многих видов современных углеродных материалов, в том числе и углеродных волокон, в качестве сырьевого материала применяется каменноугольный пек. Основным источником получения пеков является каменноугольная смола – побочный продукт коксования каменных углей. В последнее время наблюдается снижение выработки каменноугольной смолы и, как следствие, пека. Это обу-

словлено модернизацией процессов черной металлургии, предусматривающих снижение расхода кокса [2] и процессов производства углеродных материалов, направленных на снижение нагрузки на окружающую среду. Дисбаланс между падающим производством пека и растущим спросом на него приводит к росту цен. Несмотря на то, что давно активно ведутся исследования по разработке связующих для углеродных материалов (в частности на нефтяной основе), равноценной замены каменноугольному пеку в настоящее время нет [3].

**Таблица - Сравнение видов углеродных волокон**

Показатели	На основе ПАН-волокна	На основе вискозного волокна	На основе пекового волокна	Волокно из газовой фазы
Прочность, ГПа	1,8–7,0	0,35–0,70	1,4–4,0	1,0–4,0
Модуль упругости, ГПа	200–600	20–60	140–930	200–300
Цена, долл./кг	40	20	300	нет данных
Объем рынка потребления	■■■	■□□	■□□	■■□
Отработанность технологии	■■■	■■□	□□□	□□□
Выход волокна из сырья	■■■	■□□	■■□	□□□
Наличие сырья и производства в РФ	■■■	■□□	□□□	□□□

*Примечание.* Расшифровка обозначений: ■ – наличие признака; обозначение степени показателя: ■■■ – высокая; ■■□ – средняя; ■□□ – низкая; □□□ – показатель отсутствует.

Наиболее перспективной альтернативой коксохимическому пеку предлагается связующее, полученное по технологии термического растворения углей, минуя стадию коксования по традиционной технологии. Анализ результатов проведенных ранее исследований [3, 4] показал, что наиболее приемлемыми для этой цели сырьем являются антраценовая фракция переработки каменноугольной смолы и угли средней стадии метаморфизма с высоким показателем толщины пластического слоя.

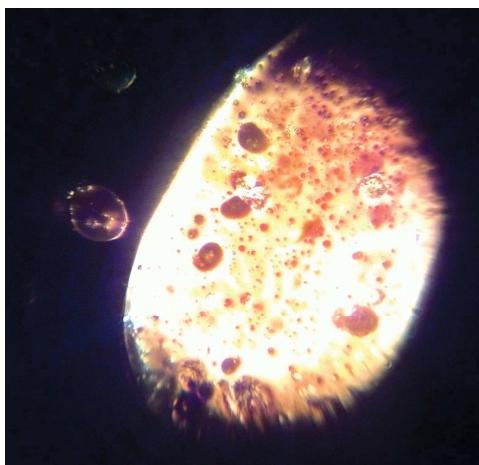
В центральной заводской лаборатории ПАО «Кокс» совместно с кафедрой химической технологии твердого топлива института химических и нефтегазовых технологий Кузбасского государственного технического университета имени Т. Ф. Горбачева проведены исследования по получению альтернативного связующего методом термического растворения угля марки Г в антраценовом масле. Внешний вид полученного пекоподобного продукта представлен на рисунок 1.



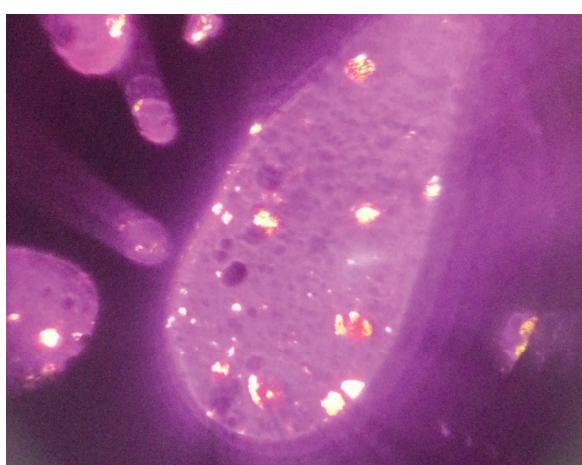
**Рисунок 1 - Внешний вид полученного пекоподобного продукта**

Пек – анизотропная жидкость, обладающая определенной внутренней структурой. При определенных условиях в пеках возможно зарождение и рост жидкокристаллической фазы (мезофазы), которая обеспечивает образование анизотропного графитирующегося кокса. В связи с этим различают пеки изотропные (немезофазные) и анизотропные (мезофазные). Наличие мезофазы в пеке является необходимым условием производства из него качественного углеродного волокна [5].

Для определения наличия мезофазы в полученном продукте проведены исследования его оптической активности с помощью поляризационного микроскопа МИН-8. На рис. 2 представлена фотография пленки пека в проходящем обыкновенном свете, на рис. 3 – в поляризованном свете.



**Рисунок 2 - Внешний вид пленки пека в проходящем обыкновенном свете**



**Рисунок 3 - Внешний вид пленки пека в поляризованном свете**

Из анализа микрофотографии (рис. 3) видно, что пек, полученный методом терморастворения углей, способен к образованию мезофазы, однако ее количество невелико. Для увеличения количества мезофазы полученный пек необходимо подвергать термообработке.

Таким образом, показана возможность получения сырья для производства углеродных волокон напрямую из угля, минуя высоко-

температурный процесс коксования. Кроме того, пек с пониженным содержанием полициклических ароматических углеводородов без дополнительной очистки может быть востребован уже сейчас в технологиях, не предъявляющих высоких требований к зольности (производство углеродистых огнеупоров и огнеупорных масс).

Исследовательский проект включен в перечень основных проектов Научно-образовательного центра «Кузбасс».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ким С. Сырье → композиты → углеролокно / С. Ким // The Chemical Journal. –2014. – № 10. – С. 64-73.
2. Кузнецов П. Н. Термическое растворение каменного угля в технических пастообразователях и их смесях / П. Н. Кузнецов, Н. В. Перминов, Ф. А. Бурюкин // Кокс и химия. –2019. – № 1. – С. 16-22.
3. Маракушина, Е. Н. Получение пеков и связующих веществ методом термического растворения углей // Дисс. канд. хим. наук, 2015. –137 с.
4. Базегский, А. Е. Исследования процесса термического растворения углей с целью получени связующего для огнеупорных масс / А. Е. Базегский, М. Б. Школлер // Изв. Вузов Черная металлургия. – 2016. – Т.59. – № 8. – С. 517-522.
5. Привалов, В. Е. Каменноугольный пек / В. Е. Привалов, М. А. Степаненко. – М.: «Металлургия», 1981. – 208 с.

УДК 662.882

Ю. Х. Исоков, базовый докторант;  
Нормахмат Ёдгоров, д-р хим. наук, проф.  
(Институт общей и неорганической химии Академии и наук  
Республики Узбекистан, г Ташкент)

## СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ

Активированный уголь – это пористое вещество, которое получают из различных углеродосодержащих материалов органического происхождения. Марки угля (АУ-КП, АУ-КУ, АУ-КО, АУ-КП 78 и др.), полученные из скорлупы орехов и косточек персиков, и других материалов содержат огромное количество пор и поэтому имеет очень большую удельную поверхность на единицу массы и соответственно обладают высокой адсорбционной способностью [1]. Применяют эти адсорбенты в медицине и промышленности для очистки, разделения и извлечения различных веществ.

Обычный активированный уголь является довольно реакционноспособным соединением, которое может подвергаться окислению кислородом воздуха и кислородной плазмой, водяным паром, а также