

PRODUCTION OF CARBONACEOUS MATERIALS USING COAL TAR RESIN AND INVESTIGATION OF THEIR SURFACE PROPERTIES

*K.A. Kadirbekov**¹, *N.A. Buzaev*¹, *N.N. Oralbaev*¹, *G.G. Seitkhal*¹,
*S. Dadyka*², *A.Zh. Abyurov*², *K.K. Kim*², *E.A. Tusupkaliev*¹, *A.A. Espenbetov*¹, *Zh.N. Kainarbayeva*¹

¹*Institute of Chemical Sciences named after A.B. Bekturov, Almaty, Kazakhstan*

²*Scientific and Engineering Research Center ERG LLP, Astana, Kazakhstan*

*E-mail: k.kadirbekov@ihn.kz

Abstract: The traditional technological process for creating highly porous materials from carbonaceous raw materials involves two stages of thermal treatment: carbonization (pyrolysis) and activation (gasification), aimed at forming a porous structure capable of adsorption. Combining both stages into a single process with chemical activation allows for efficient raw material utilization and control of the material's porous structure at different levels, providing the ability to customize its characteristics. The choice of a chemical activator depends on the type of raw material and the required characteristics of porous carbon materials. In this study, it is established that the analysis of surface properties of highly porous carbon materials synthesized from coal tar pitch, obtained by distillation of coal tar resin from JSC "Shubarkolkomir," confirms the outstanding operational characteristics of this material. The application of a combined process of carbonization and activation of coal tar pitch at an optimal temperature in an inert atmosphere leads to the formation of porous carbon materials with a high specific surface area: 561 (traditional method), 789 (chemical activation), and 881 m²/g (templating method), as well as a pore volume of 0.30; 0.40; and 0.48 cm³/g, respectively. This work not only expands the technological methods of obtaining carbon materials from coal tar resin but also underscores their potential for improving soil structure and increasing the efficiency of agricultural production.

Keywords: carbon materials, porous structure, coal tar resin, distillation fractions, coal tar pitch, templating activation, porous carbon materials, raw material utilization efficiency, soil stability, agriculture, operational characteristics.

<i>Kadirbekov Kairat Adyrbekovich</i>	<i>Doctor of Chemical Sciences, e-mail: k.kadirbekov@ihn.kz</i>
<i>Buzaev Nurdaulet Amanzholovich</i>	<i>Doctoral student PhD, e-mail: buzayev.n@gmail.com</i>
<i>Oralbaev Nursultan</i>	<i>Master, e-mail: oralbayevn@gmail.com</i>
<i>Seitkhal Gulnar</i>	<i>Bachelor</i>
<i>Dadyka Sergey</i>	<i>Coal chemistry manager, e-mail: sergey.dadyka@erg.kz</i>

Citation: Kadirbekov K.A., Buzaev N.A., Oralbaev N.N., Seitkhal G.G., Dadyka S., Abyurov A.Zh., Kim K.K., Tusupkaliev E.A., Espenbetov A.A., Kainarbayeva Zh.N. Production of Carbonaceous Materials Using Coal Tar Resin and Investigation of Their Surface Properties. *Chem. J. Kaz.*, **2023**, 4(84), 118-130. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2023-4.2710-1185.45>

<i>Abyurov Arman Zhumagalievich</i>	<i>Engineer technologist 1st category, e-mail: arman.abuyurov@erg.kz</i>
<i>Kim Konstantin Klimentovich</i>	<i>Environmental manager, e-mail: konstantin.k.kim@erg.kz</i>
<i>Tusupkaliev Ersin Adietovich</i>	<i>Candidate of Chemical Science, e-mail: t_ersin@mail.ru</i>
<i>Espenbetov Asylbek Alibekovich</i>	<i>Doctor of Chemical Sciences, e-mail: yespenbetov@mail.ru</i>
<i>Kainarbaeva Zhaniya Nurbekovna</i>	<i>Master, e-mail: zhaniya_90nk@mail.ru</i>

ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ СМОЛЫ И ИЗУЧЕНИЕ ИХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ

*К.А. Кадирбеков^{*1}, Н.А. Бузаев¹, Н.Н. Оралбаев¹, Г.Г. Сейтхал¹, С.Дадыка², А.Ж. Абюров², К.К.²Ким, Е.А. Тусупкалиев¹, А.А. Еспенбетов¹, Ж.Н. Кайнарбаева¹*

¹АО «Институт химических наук им. А.Б.Бектурова», Алматы, Казахстан

²ТОО «Научно-инженерный исследовательский центр ERG», Астана, Казахстан

^{*}E-mail: k.kadirbekov@ihn.kz

Резюме. Традиционная технологическая процедура создания материалов с высокой пористостью из углеродсодержащего сырья включает два этапа термической обработки: карбонизацию (пиролиз) и активацию (газификацию), направленные на формирование структуры пор, способных к адсорбции. Объединение обоих этапов в единый процесс с химической активацией позволяет эффективно использовать сырье и контролировать пористую структуру материала на различных уровнях, предоставляя возможность настройки его характеристик. Выбор химического активатора зависит от типа сырья и требуемых характеристик пористых углеродных материалов. В данном исследовании установлено, что анализ поверхностных свойств высокопористых углеродных материалов, синтезированных из каменноугольного пека, полученного дистилляцией каменноугольной смолы АО "Шубарколькомир", подтверждает высокие эксплуатационные характеристики этого материала. Применение комбинированного процесса карбонизации и активации каменноугольного пека при оптимальной температуре в инертной атмосфере приводит к образованию высокопористых углеродных материалов с высокой удельной площадью поверхности: 561 (традиционный метод), 789 (химическая активация) и 881 м²/г (темплатный метод), а также объемом пор 0.30; 0.40 и 0.48 см³/г соответственно. Данная работа не только расширяет технологические методы получения углеродных материалов из каменноугольной смолы, но и подчеркивает их потенциал для улучшения почвенной структуры и повышения эффективности сельскохозяйственного производства.

Ключевые слова: углеродные материалы, пористая структура, каменноугольная смола, фракций дистилляции, каменноугольный пек, темплатная активация, пористые углеродные материалы, эффективность использования сырья, устойчивость почвы, сельское хозяйство, эксплуатационные характеристики.

<i>Кадирбеков Кайрат Адырбекович</i>	<i>Доктор химических наук</i>
<i>Бузаев Нурдаулет Аманжолович</i>	<i>Докторант PhD</i>
<i>Оралбаев Нурсултан</i>	<i>Магистрант</i>
<i>Сейтхал Гулнар</i>	<i>Бакалавр</i>
<i>Дадыка Сергей</i>	<i>Менеджер по углехимии</i>
<i>Абюров Арман Жумагалиевич</i>	<i>Инженер-технолог 1 категории</i>
<i>Ким Константин Климентович</i>	<i>Менеджер по экологии</i>
<i>Тусупкалиев Ersin Адиевич</i>	<i>Кандидат химических наук</i>

1. Введение

Углеродсодержащие материалы (УМ) являются разнообразным классом веществ, содержащих углерод и обладающих различными свойствами и структурами. Их разнообразные формы и применения делают их перспективными для различных технологических и научных областей [1, 2]. В этом контексте особое внимание уделяется высокопористым углеродным материалам (ПУМ), представляющим подкласс УМ с уникальной пористой структурой. Эти материалы идеальны для приложений, где важны большая поверхность и высокая адсорбционная способность.

Используемые в качестве прекурсоров углерода различные виды сырья, включая биомассу и ископаемые ресурсы, предоставляют широкие возможности для создания пористых углеродных материалов [3, 4]. Однако, несмотря на их перспективность, промышленные углеродные материалы часто не соответствуют требованиям технологических процессов, что приводит к неэффективному использованию их из-за высоких затрат и ограниченных сырьевых ресурсов.

Каменноугольная смола, являющаяся доступным и дешевым побочным продуктом угольной промышленности, может стать перспективным сырьем для углеродсодержащих материалов [5-7]. Разработка эффективных и экономически целесообразных углеродных материалов из доступных промышленных источников представляет собой актуальную задачу для научного и технологического сообщества [8]. В производстве углеродных материалов из каменноугольной смолы особое внимание заслуживает темплатный метод синтеза, который применяется с успехом [9]. Этот метод не только позволяет достичь высокой пористости материала, но и обеспечивает уникальную возможность контролировать порозитет на различных уровнях. Это важно для адаптации материала под конкретные технологические требования, например, в сельском хозяйстве для улучшения структуры почвы и поддержания эффективного роста растений.

2. Экспериментальная часть

В качестве объекта исследования нами использована среднетемпературная каменноугольная смола АО «Шубарколькомир» и каменноугольный пек, полученный дистилляцией КУС по методике от ВУХИН. Для характеристики компонентного состава дистиллятных фракций КУС, исходя из задач исследования, нами применены методы ИК-спектроскопии и хромато-масс-спектрометрии.

ИК-спектральный анализ проводили с использованием спектрофотометра NICOLET5700 (FT-IR) с Фурье-преобразованием по программе OMNIC в области волновых чисел 400 - 4000 см⁻¹. Молекулярный состав продуктов отгонки КУС определяли на хромато-масс-

спектрометре «Agilent 8990» с МС детектором «Agilent 5975» с капиллярной колонкой HP-1 длиной 50 м.

В данной работе процесс карбонизации образцов на основе каменноугольного пека проводился в изотермических условиях с применением трех методик. Согласно методике 1, термообработку каменноугольного пека осуществляли в инертной атмосфере в температурном интервале 600-800°C при скорости нагрева 5°C /мин времени выдержки 120 мин (при заданной температуре). Согласно методике 2, для образования микропор во внутренней структуре углерода и тем самым для увеличения удельной поверхности, полученный пек подвергали химической активации при температуре активации 800 - 850°C. Согласно методике 3, получение ПУМ был осуществлено с использованием MgO в качестве темплата и каменноугольного пека в качестве предшественника углерода.

Поскольку поверхностные свойства полученных образцов высокопористого углерода являются крайне важной характеристикой сорбентов, их исследованию уделялось большое внимание. Метод сорбции газов позволяет определять важнейшие характеристики твердофазных веществ, такие как удельная площадь поверхности, пористость (микро-, мезопористость), объем пор, распределение пор по размерам. Удельную площадь поверхности образцов высокопористого углерода определяли методом БЭТ по стандартной методике с использованием анализатора NOVA 1000 (QUANTACHROMEINSTRUMENTS, США).

Удельную площадь поверхности образцов оценивали методом БЭТ, объем микропор – t-методом по адсорбционной ветви изотермы, средний диаметр мезопор – методом Баррета-Джойнера-Халенды (БДХ) по десорбционной ветви изотермы. Общий удельный объем пор определяли по изотерме адсорбции азота при значении относительного давления (0,99).

3. Результаты и обсуждение

Дистилляция КУС на фракции проводили по методике от ВУХИН. В таблице 1 приведены результаты фракционной дистилляции КУС.

Таблица 1 - Результаты дистилляции КУС на фракции

Фракций	Температурный интервал, °C	Выход, % от массы КУС
Легкая	до 170	3.6
Фенольная	170-210	9.0
Нафталиновая	210-230	9.4
Поглотительная	230-280	19.3
Антраценовая	280-360	17.2
Пек, %	до 405 (в жидкой фазе)	36.5
Потери, %		5.0

Для определения качественного состава КУС был снят ее ИК-спектр (рисунок 1). Кроме того, были сняты ИК-спектры фракций (рисунок 1). Как указывалось выше, состав КУС представляет собой сложную композицию сотен индивидуальных соединений, поэтому ИК-спектры являются их аддитивными характеристиками, т.е. результатом наложения (суперпозиции) спектров составляющих их индивидуальных соединений. Следует отметить, что ИК-спектры всех снятых образцов имеют сходный характер, о чем свидетельствуют приведенные данные в таблице 3 по положению полос поглощения исследованных КУС, ее фракционных (дистиллятных) образцов и твердого остатка (пек).

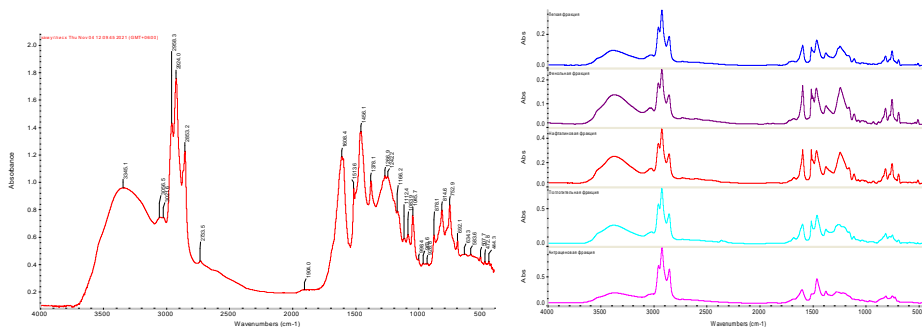


Рисунок 1 - ИК-спектры КУС и его фракций

Была проведена интерпретация спектра КУС с использованием программы OMNISC, из которой было определено, что в КУС наблюдаются полосы поглощения, характерные для следующих, в частности, функциональных групп, что не отражает, естественно, полное многообразие составляющих КУС соединений: замещенные ароматические углеводороды, фенолы и алифатические углеводороды.

Из спектров КУС и ее фракций можно сделать определенные выводы. Поглощение в области валентных ($2850-2960\text{ см}^{-1}$) и деформационных ($960-967, 1456-1466\text{ см}^{-1}$) колебаний CH_2 - и CH_3 -алифатических групп указывает на достаточно высокое содержание алканов, причем отсутствие полос поглощения при 720 см^{-1} свидетельствует о преимущественном содержании кратко звенных алканов. Наличие полос поглощения в области 2731 см^{-1} свидетельствует о наличии во всех фракциях соединений со связями $\text{C}_{\text{sp}2}-\text{H}$. Присутствуют полосы поглощения при $1598-1612, 3018-3028, 690-882\text{ см}^{-1}$, указывающие на наличие соединений ароматического характера. Причем, повышенная интенсивность полос в интервале $690-882\text{ см}^{-1}$ свидетельствует о конденсированном состоянии бензольных циклов. Обширная область поглощения при $3350-3380$ и полосы при $1260-1264\text{ см}^{-1}$ отвечает фенольным гидроксилам. Отсутствие полос при $1700-1750\text{ см}^{-1}$ также может говорить об отсутствии кислородсодержащих групп, в частности, карбонильных ($1700-1740\text{ см}^{-1}$), карбоксильных ($2500-2800, 1700, 1190-1200$

см⁻¹), которые наблюдаются в спектрах некоторых образцов различных источников КУС [10, 11].

На основании хроматографических данных установлено, что все фракции и пек имеют сходственные составы и содержат в себе в разных соотношениях фенол и его алкилзамещенные производные, нафталин и его алкилзамещенные производные (за исключением легкой фракции), алифатические и алкеновые углеводороды, бициклические углеводороды ароматического и полуароматического характера (производные индана и индена).

Наличие фенола и его алкилпроизводных в высококипящих фракциях, превышающих по температурам температуры кипения индивидуальных соединений свидетельствуют, что многокомпонентность состава КУС значительно влияет на концентрирование индивидуальных компонентов в отдельных фракциях. Это обстоятельство связано с образованием азеотропных смесей и комплексов в составе КУС. В связи с чем, примеси фенола и нафталина появляются в бензольной фракции, а нафталин содержится в фенольной фракции и др. Примечательно, что в составах исследованных фракций присутствия серу-, азот- и кислородсодержащих соединений наблюдается в антраценовой фракции и пеке.

Необходимо отметить, что полученные данные о групповых и индивидуальных углеводородных составах фракций КУС подтверждают необходимость их использования в качестве сырьевого источника получения ценных ароматических углеводородов, их смесей и товарных продуктов на их основе при получении красителей, лаков, удобрений, взрывчатых и фармацевтических веществ, пластических масс, пропитывающих и связывающих пеков. Остаток дистилляции КУС (или пек) широко используется для производства новых химических функциональных материалов.

В данной работе остаток дистилляции КУС применен для получения образцов ПУМ. Характеристики пека – остатка дистилляции КУС, который был использован для получения образцов высокопористого углеродного материала, приведены в Таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики каменноугольного пека после разгонки КУС АО «Шубарколькомир» определенные по ГОСТам

Характеристики пека	Значение
Температура размягчения, °С	88
Выход летучих веществ, %	60.2
Зольность, %	0
М.д. веществ, нерастворимых в толуоле, %	34.3
М.д. веществ, нерастворимых в хинолине, %	4.0

Ниже представлены, в качестве наглядности, кривые изотерм адсорбции образцов высокопористого углерода, полученных химической активацией и темплатным методом (рисунки 2 и 3). Кривые изотерм

адсорбции и десорбции азота показывают, что форма этих кривых соответствует изотермам I(b)-типа классификации IUPAC, а петля гистерезиса соответствует типу H4.

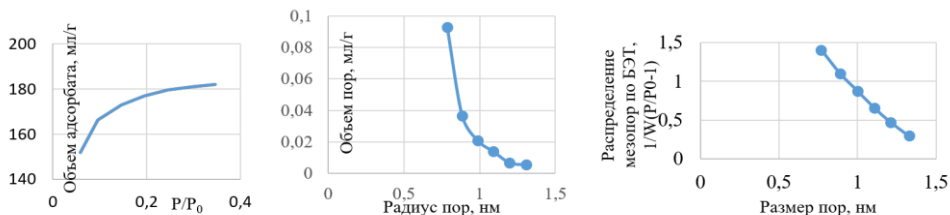


Рисунок 2 - Кривые изотерм адсорбции азота при температуре 77 К, распределения пор по размерам полученными методом NLDFT и распределения пор по размерам полученных по методу ВЈН для образца углерода, активированных гидроксидом калия (химическая активация)

В рисунке 3 приведены кривые изотерм адсорбции азота при температуре 77 К, распределения пор по размерам полученными методом NLDFT и распределения пор по размерам полученных по методу ВЈН для образца углерода (образец ІХН-К4), активированных гидроксидом калия (химическая активация). Такой тип изотерм соответствует материалам, имеющим широкое распределение микропор с размером менее 2.5 нм и узким распределением мезопор. По данным распределения пор по размерам, полученными методом ВЈН видно, что образец, активированный химически при 800°C, дает ярко выраженный пик в районе 0.8 нм.

Следует отметить, что активация образцов при температурах 800°C и 850°C приводит к увеличению высоты и ширины пиков, что указывает на рост доли мезопор в этих образцах. Различия в структуре пор и их распределение по размерам, влияющее на электрохимические свойства в основном связано с температурой активации образцов. При температуре 700°C КОН полностью расходуется, превращаясь в K_2CO_3 , который потом разлагается на CO_2 и K_2O при температуре выше 700°C. В диапазоне температур 700- 800°C, реакция K_2CO_3 с углеродной поверхностью способствует дальнейшему развитию микропор. При температуре 800°C K_2CO_3 практически полностью расходуется. Образующийся при разложении K_2CO_3 углекислый газ в области более высоких температур, взаимодействуя с углеродом и восстанавливается до СО. При температурах 800°C и 900°C соединения K_2O и K_2CO_3 также могут быть восстановлены углеродом до металлического калия, который во время активации достаточно эффективно интеркалирует в межатомные плоскости графитовых структур. Этот процесс приводит к расширению и расщеплению плоскостей, давая дополнительную поверхность и изменяя пористость углеродного материала.

В таблице 3, приведены параметры адсорбционных характеристик углеродного материала из КУП, активированных гидроксидом калия (образец ІХН-К4). Как видно из таблицы, образец имеет развитую

удельную поверхность и высокое значение общего объема пор, имеет разную структуру пор, доля объема мезопор больше, чем объем микропор.

Таблица 3 - Удельные характеристики поверхности образца, приготовленного методом химической активации

Параметр	Значение параметра	Параметр	Значение параметра
$S_{БЭТ}$, m^2/g	518.88	$S_{микро}$, m^2/g	114.7862
$V_{общ}$, cm^3/g	0.2814	$S_{макро}$, m^2/g	43.8468
$V_{микро}$, cm^3/g	0.1057	$R_{средн}$, A°	10.8478
$V_{мезо}$, cm^3/g	0.1499	D , нм	1.0847
$V_{макро}$, cm^3/g	0.0257	Доля микропор %	37.56
$S_{мезо}$, m^2/g	360.247	Доля мезопор %	53.26

В рисунке 3 приведены кривые изотерм адсорбции азота, распределения пор по размерам полученными методом NLDFT и распределения пор по размерам полученных по методу ВЈН для образца углерода из КУП (образец ИХН-ТМ1), полученного темплатным методом, где в качестве темпланта использован оксид магния.

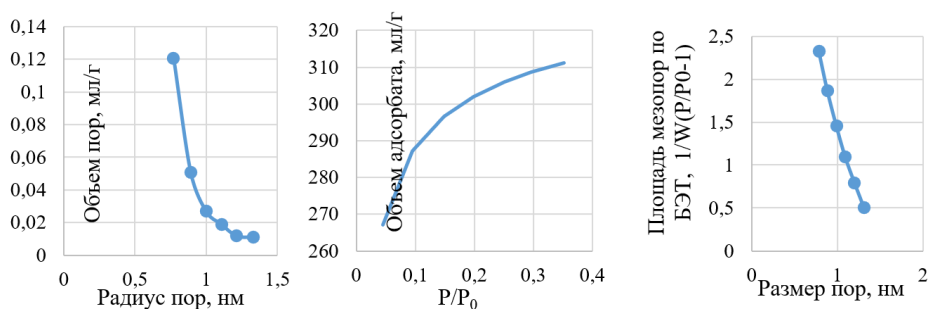


Рисунок 3 - Кривые изотерм адсорбции азота при температуре 77 К, распределения пор по размерам полученными методом NLDFT и распределения пор по размерам полученных по методу ВЈН для образца ИХН-ТМ1, полученного темплатным методом, где в качестве темпланта использован оксид магния

Такая изотерма соответствует материалам, имеющим широкое распределение микропор с размером от 0.5 до 2.0 нм и узким распределением мезопор. По данным распределения пор по размерам, полученными методом ВЈН видно, что образец, активированный химически при 800°C, дает ярко выраженный пик в районе 0.8 нм.

В таблице 4, приведены параметры адсорбционных характеристик углеродного материала из КУП, полученного темплатным методом. Как видно из таблицы, образец имеет самую высокую удельную поверхность ($881m^2/g$) по сравнению с остальными разработанными образцами высокопористого углерода и высокое значение общего объема пор

($V_{\text{общ}}=0.48 \text{ см}^3/\text{г}$). При этом в образце доля микропор больше, чем доля мезопор. Средний диаметр пор составляет 1 нм.

Таблица 4 - Удельные характеристики поверхности образца ИХН-ТМ1, углерода приготовленного темплатным методом

Параметр	Значение параметра	Параметр	Значение параметра
$S_{\text{БЭТ}}, \text{ м}^2/\text{г}$	881.09	$S_{\text{микро}}, \text{ м}^2/\text{г}$	329.15
$V_{\text{общ}}, \text{ см}^3/\text{г}$	0.480	$S_{\text{макро}}, \text{ м}^2/\text{г}$	70.977
$V_{\text{микро}}, \text{ см}^3/\text{г}$	0.2393	$R_{\text{средн}}, \text{ А}^\circ$	10.9088
$V_{\text{мезо}}, \text{ см}^3/\text{г}$	0.1984	$D, \text{ нм}$	1.09
$V_{\text{макро}}, \text{ см}^3/\text{г}$	0.0422	Доля микропор %	49.85
$S_{\text{мезо}}, \text{ м}^2/\text{г}$	480.959	Доля мезопор %	41.33

Для более точного понимания изменение структуры углеродных материалов, полученных при применении разных методов, были сравнены распределение пор по методу NLDFT. Видно, что темплатный метод не приводит к изменению общего объема пор, она меняет только распределение пор по размеру, смещая его в сторону больших значений.

Результаты анализа поверхностных свойств синтезированных образцов высокопористого углерода представлены в таблице 5.

Таблица 5. Результаты анализа удельной поверхности (УПП), общего объема пор (ООП) и среднего радиуса пор (СРП) разработанных образцов углерода из КУП

Образец	УПП, $\text{м}^2/\text{г}$	ООП, $\text{мл}/\text{г}$	СРП, нм
Традиционный метод (карбонизация и активация)			
ИХН-Ф7	561	0.30	1.0
Химическая активация			
ИХН-К1	789	0.40	1.1
Темплатный метод			
ИХН-ТМ1	881	0.48	1.0

Анализ данных таблицы 5 свидетельствуют о том, что в результате проведенных процессов карбонизации и активации каменноугольного пека нам удалось получить, путем подбора подходящих реагентов и оптимальной температуры процесса в инертной атмосфере, высокопористый углеродный материал с высокими значениями удельной площади поверхности и объема пор, значения которых составляют 561 (традиционный метод), 789 (химическая активация) и 881 $\text{м}^2/\text{г}$ (темплатный метод) и 0.30; 0.40 и 0.48 $\text{см}^3/\text{г}$, соответственно.

Количественные значения площади поверхности и объема пор высокопористого углеродного материала дополнительно подтверждаются их значениями адсорбционной активности по йоду (таблица 6).

По полученным результатам видно, что приемлемым интервалом температуры активации образцов каменноугольного пека является – 800-850°C, при которой площадь удельной поверхности и адсорбционная активность по йоду пористого углерода имеют максимальные значения.

Таблица 6 – Результаты термической обработки образцов ПУМ при различных температурах в инертной атмосфере (N₂)

Температура термообработки, °C	600	700	850	800
Способ получения	Традиционный метод		Химическая активация	Темплатный метод
Выход пористого углерода, %	76	74	29	60
Площадь удельной поверхности, м ² /г	458	561	789	881
Адсорбционная активность по йоду, %	57	64	68	66

4. Заключение

1. С использованием различных методов карбонизации, химической активации и темплатного метода синтезированы углеродсодержащие материалы, которые обладают более развитой микропористостью (0,2- 0,5 см³/г) и удельной поверхностной площадью (в интервале 400 - 900 м²/г), где исходным сырьем является остаток дистилляции каменноугольной смолы - пек (ОД 390° С).

2. Выявлено, что полученные количественные значения ПУМ подтверждается результатами адсорбционной активностью по йоду, где обнаруживается максимальная эффективность при температуре активации в интервале 800-850 °С.

3. Показано, что использование каменноугольной смолы в качестве исходного сырья для высокопористых углеродных материалов представляет собой инновацию, учитывая ее доступность и низкую стоимость как побочного продукта угольной промышленности.

4. Отмечено, что разработанные методы получения углеродсодержащих материалов из каменноугольной смолы представляют собой перспективное направление для применения в сельском хозяйстве. Дальнейшие исследования и практические испытания могут углубить наше понимание возможностей этих материалов для улучшения устойчивости почвы и увеличения урожайности.

Финансирование: Работа выполнена в АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова» по программе целевого финансирования научных исследований на 2023-2025 годы, осуществляемого Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по проекту № BR21882220 «Синтез и создание технологий удобрений, композиций, препаратов и материалов многофункционального действия для применения на пустынных и деградированных землях», а также в рамках договора на научно-исследовательские работы с ТОО

«НИИЦ ERG» №PD/SCERG/23-0077 от 11 сентября 2023 г. на тему: «Дистилляция КУС и исследования фракций в качестве сырья для получения технического углерода. Определение степени ароматичности (индекса корреляции) по методу ВМСИ. Определение оптимальных технологических режимов».

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

КӨМІР ШАЙЫРЫН ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ КӨМІРТЕКТІ МАТЕРИАЛДАРДЫ АЛУ ЖӘНЕ ОНЫҢ БЕТТІК ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Қ.А. Қадырбеков^{*1}, Н.Ә. Бузаев¹, Н.Н. Оралбаев¹, Г.Г. Сейітхал¹, С.Дадыка², А.Ж. Абюров², К.К. Ким², Е.А. Түсіпқалиев², А.А. Еспенбетов², Ж.Н. Қайнарбаева²

¹ «Ә.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

² «ERG Ғылыми-инженерлік зерттеу орталығы» ЖШС, Астана, Қазақстан

*E-mail: k.kadirbekov@ihn.kz

Түйіндемe. Құрамында көміртегі бар шикізаттан кеуектілігі жоғары материалдарды жасаудың дәстүрлі технологиялық процедурасы термиялық өңдеудің адсорбцияға қабілетті кеуекті құрылымды қалыптастыруға бағытталған екі кезеңін қамтиды: карбонизация (пиролиз) және белсендіру (газдандыру). Екі кезеңді химиялық белсендіру мен бір процеске біріктіру шикізатты тиімді пайдалануға және материалдың кеуекті құрылымын әртүрлі деңгейде бақылауға мүмкіндік береді, оның сипаттамаларын реттеу мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Химиялық активаторды таңдау шикізаттың түріне және кеуекті көміртекті материалдардың талап егілетін сипаттамаларына байланысты. Бұл зерттеуде «Шұбаркөлкөмір» АҚ көміршайырын дистилляциялаумен алынған қалдықтан синтезделген жоғары кеуекті көміртекті материалдардың беттік қасиеттерін талдау олардың тамаша эксплуатациялық қасиеттерін растайды. Инертті атмосферада оңтайлы температурада көміршайырының дистилляциялау қалдығын карбонизациялау және белсендірудің аралас процесін пайдалану жоғары үлестік ауданы бар кеуекті құрамдас материалдардың түзілуіне әкеледі: 561 (дәстүрлі әдіс), 789 (химиялық белсендіру) және 881 м²/г (темплантты әдіс), сонымен қатар кеуек көлемі 0.30; тиісінше 0.40 және 0.48 см³/г. Бұл жұмыс көмір шайырынан көміртекті материалдарды алудың технологиялық әдістерін кеңейтіп қана қоймайды, сонымен қатар олардың топырақ құрылымын жақсарту және ауылшаруашылық өндірісінің тиімділігін арттырудағы потенциалын көрсетеді.

Түйінді сөздер: көміртекті материалдар, кеуекті құрылым, көмір шайыры, айдау фракциялары, көмір шайырының қалдығы, темплантты белсендіру, кеуекті көміртекті материалдар, шикізат тиімділігі, топырақтың тұрақтылығы, ауылшаруашылығы, өнімділік сипаттамалары

<i>Қадырбеков Қайрат Адырбекұлы</i>	<i>Химия ғылымдарының докторы</i>
<i>Бузаев Нұрдаулет Аманжолұлы</i>	<i>PhD докторанты</i>
<i>Оралбаев Нұрсұлтан</i>	<i>Магистрант</i>
<i>Сейітхал Гүлнар</i>	<i>Бакалавр</i>
<i>Дадыка Сергей</i>	<i>Көмір химиясының менеджері</i>
<i>Абюров Арман Жұмағалиұлы</i>	<i>1 санаттың инженер-технологі</i>
<i>Ким Константин Климентұлы</i>	<i>Экология менеджері</i>
<i>Түсіпқалиев Еркін Әдиетұлы</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Еспенбетов Асылбек Әлібекұлы</i>	<i>Химия ғылымдарының докторы</i>
<i>Қайнарбаева Жәния Нұрбекқызы</i>	<i>Магистр</i>

Список литературы:

1. Zhao J., Yang S., Zhang P., Dai Sh. Sulphur as medium: Directly converting pitch into porous carbon /J.Fuel. 286.2021. P.1-10. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119393>
2. Song X, Ma X, Ning G, Gao J. Pitch-based nitrogen-doped mesoporous carbon for flue gas desulfurization. *IndEngChem Res* **2017**; 56: 4743. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.7b00054>
3. Wu Q, Zhang F. A clean process for activator recovery during activated carbon production from waste biomass. *Fuel* **2012**; 94: 426. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2011.08.059>.
4. Liang W, Wu Y, Xiao H, Xiao J, Li Y, Li Z. Ethane-selective carbon composites CPDA@A-ACs with high uptake and its enhanced ethane/ethylene adsorption selectivity. *AIChE J* **2018**; 64: 3390. <https://doi.org/10.1002/aic.16182>.
5. Zhi-Hao Ma, Xian-Yong Wei, Guang-Hui Liu, Fang-Jing Liu, Zhi-Min Zong .Value-added utilization of high-temperature coal tar: A review *Fuel*.292 (2021)119954 P.1-21
6. Ковалев Е.Т., Чешко Ф.Ф. Новые технологические процессы в области переработки каменноугольной смолы. *Углекимический журнал*. **2010**. №3-4. С.95-101.
7. Granda M, Blanco C, Alvarez P, Patrick JW, Menéndez R. Chemicals from coal coking. *ChemRev.* **2014**;114:1608–36.
8. Шорникова О.Н., Максимова Н.В., Авдеев В.В. Связующие для полимерных композиционных материалов. -М.: МГУ. -**2010**. -52 с.
9. Liang H. W., Wei W., Wu Z. S., Feng X., Müllen K. *Mesoporous metal–nitrogen-doped carbon electrocatalysts for highly efficient oxygen reduction reaction*. *J. Am. Journal of the American Chemical Society* 135 (43), 16002-16005
10. Малолетнев А. С., Гюльмалиев А. М., Мазнева О. А. Химический состав дистиллятных фракций каменноугольной смолы ОАО “АЛТАЙ-КОКС” *Химия твердого топлива*. **2014**. №1. С.12-22.
11. Пудов А.М., Мустафин Е.С., Касенов Р.З., Халенов О.С., Давренбеков С.Ж., Определение содержания фракций каменноугольной смолы из углей Шубаркольского угольного разреза методом хромато-масс спектрометрии, «Dynamika naukowych badan-2009»: Материалы международной научно-практической конференции. - Przemysl (Польша), **2009**,-Т.9.-С.45-51.

References

1. Zhao J., Yang S., Zhang P., Dai Sh. Sulphur as medium: Directly converting pitch into porous carbon /J.Fuel. 286.2021. P.1-10. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119393>
2. 2.Song X, Ma X, Ning G, Gao J. Pitch-based nitrogen-doped mesoporous carbon for flue gas desulfurization. *IndEngChem Res* **2017**; 56: 4743. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.7b00054>
3. Wu Q, Zhang F. A clean process for activator recovery during activated carbon production from waste biomass. *Fuel* **2012**; 94: 426. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2011.08.059>
4. Liang W, Wu Y, Xiao H, Xiao J, Li Y, Li Z. Ethane-selective carbon composites CPDA@A-ACs with high uptake and its enhanced ethane/ethylene adsorption selectivity. *AIChE J* 2018; 64: 3390. <https://doi.org/10.1002/aic.16182>.
5. Zhi-Hao Ma, Xian-Yong Wei, Guang-Hui Liu, Fang-Jing Liu, Zhi-Min Zong .Value-added utilization of high-temperature coal tar: A review *Fuel*.292 (2021)119954 P.1-21
6. Kovalev Ye.T., Cheshko F.F. Novyye tekhnologicheskkiye protsessy v oblasti pererabotki kamennougol'noy smoly. *Ugol'no-khimicheskii zhurnal*. **2010**. № 3-4. S.95-101.
7. Granda M, Blanco C, Alvarez P, Patrick JW, Menéndez R. Chemicals from coal coking. *ChemRev.* **2014**;114:1608–36.
8. Shornikova O.N., Maksimova N.V., Avdeyev V.V. Svyazuyushchiye dlya polimernykh kompozitsionnykh materialov. -М.: МГУ. -**2010**. -52 с.

9. Liang H. W., Wei W., Wu Z. S., Feng X., Müllen K. [Mesoporous metal–nitrogen-doped carbon electrocatalysts for highly efficient oxygen reduction reaction](#). J. Am. Journal of the American Chemical Society 135 (43), 16002-16005

10. Maloletnev A. S., Gyul'maliyev A. M., Mazneva O. A. Khimicheskiy sostav distillyatnykh fraktsiy kamennougol'noy smoly OAO «ALTAY-KOKS» Khimiya tverdykh topliv. **2014**. № 1. S.12-22.

11. Pudov A.M., Mustafin Ye.S., Kasenov R.Z., Khalenov O.S., Davrenbekov S.ZH., Opredeleniye sodержaniya fraktsiy kamennougol'noy smoly v uglyakh Shubarkol'skogo ugol'nogo razreza metodom khromato-mass-spektrometrii, «Dinamika nauk» «Badan-2009» : Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Pshemysl' (Pol'sha), **2009**, T.9.-S.45-51.