

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТОРФЯНЫХ АКТИВИРОВАННЫХ УГЛЕЙ

А. Э. Томсон, А. С. Марзан, Т. Я. Царюк, И. П. Фалюшина,
Т. В. Соколова, М. Г. Калантаров, В. С. Пехтерева

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Аннотация. В Институте природопользования НАН Беларуси проведены широкие исследования по получению активированных углей различного назначения из торфа, которые показали, что для получения качественных углей необходимо использовать верховой торф высокой степени разложения. С целью расширения сырьевой базы представляло интерес исследовать возможность получения углей из торфа более низкой степени разложения.

Получены образцы торфа, модифицированные побочными и остаточными продуктами переработки нефти и древесными опилками лиственных пород в гранулированном виде. Проведена оценка физико-технических и сорбционных свойств полученных гранул. Также методом термического анализа были изучены композиции торфа с углеводородными присадками.

Получены активированные угли на основе композиций торфа, древесных опилок и некоторых углеводородных отходов нефтехимического синтеза и изучены их сорбционные и прочностные свойства. Установлено, что использование углеводородных модификаторов позволяет повысить адсорбционную активность углей на 20–50 %. Введение в торф древесных опилок также увеличивает адсорбционную активность на 13–55 % в зависимости от количества введенной добавки, прочностные свойства и насыпная плотность при этом уменьшаются по сравнению с торфяным активированным углем.

Ключевые слова: торф; продукты переработки нефти; древесные опилки; торфяной активированный уголь; прочность; сорбционные свойства.

Для цитирования. Томсон А. Э., Марзан А. С., Царюк Т. Я., Фалюшина И. П., Соколова Т. В., Калантаров М. Г., Пехтерева В. С. Влияние органических модифицирующих добавок на качественные показатели торфяных активированных углей // Природопользование. – 2022. – № 1. – С. 166–175.

INFLUENCE OF ORGANIC MODIFYING ADDITIVES ON QUALITATIVE INDICATORS OF PEAT ACTIVATED COAL

A. E. Tomson, A. S. Marzan, T. Ya. Tsariuk, I. P. Faliushyna,
T. V. Sokolova, M. G. Kalantarov, V. S. Pehtereva

Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Abstract. The Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus conducted extensive research on the production of activated carbons for various purposes from peat, which showed that in order to obtain high-quality coals, it is necessary to use high-moor peat of a high degree of decomposition. In order to expand the resource base, it was of interest to explore the possibility of obtaining coal from peat with a lower degree of decomposition.

Peat samples modified by products and residual products of oil refining and hardwood sawdust in granular form were obtained. An assessment of the physico-technical and sorption properties of the obtained granules was carried out. The compositions of peat with hydrocarbon additives were also studied by thermal analysis.

Activated carbons based on compositions of peat, sawdust and some hydrocarbon wastes of petrochemical synthesis have been obtained, and their sorption and strength properties have been studied. It has been established that the use of hydrocarbon modifiers makes it possible to increase the adsorption activity of coals by 20–50 %. The introduction of sawdust into peat also increases the adsorption activity by 13–55 %, depending on the amount of additive introduced, while the strength properties and bulk density decrease in comparison with peat activated carbon.

Keywords: peat; sawdust; oil refinery products; peat activated carbon; strength; sorption properties.

For citation. Tomson A. E., Marzan A. S., Tsariuk T. Ya., Faliushyna I. P., Sokolova T. V., Kalantarov M. G., Pehtereva V. S. Influence of organic modifying additives on qualitative indicators of peat activated coal. *Nature Management*, 2022, no. 1, pp. 166–175.

Введение. Одним из приоритетных направлений в области глубокой переработки торфа является получение на его основе активированных углей (АУ) [1].

Активированный уголь – высокопористый углеродный адсорбент, который получают из различных углеродсодержащих материалов органического происхождения [2, 3].

В настоящее время активированный уголь используется во многих процессах химической технологии – для очистки, разделения и извлечения различных веществ, как жидких, так и газообразных. Особенно хорошо АУ адсорбируют углеводороды и их производные, слабее – спирт, аммиак и другие полярные вещества.

С каждым годом потребление этого продукта неуклонно возрастает, в связи с этим есть необходимость в расширении его ассортимента. Увеличение объемов производства углей и расширение их номенклатуры приводят к тому, что возрастают требования к адсорбционной емкости с разнообразной пористой структурой и к прочности АУ [4, 5].

По сравнению с другими адсорбционными материалами (силикагели, цеолиты, алюмогели, иониты и др.) АУ являются уникальными адсорбентами в силу своих гидрофобных свойств. Преимуществами АУ перед другими сорбентами являются биологическая, химическая и термическая стойкость, что позволяет многократно их использовать в цикле «адсорбция – регенерация», а также гидрофобность поверхности. Именно благодаря гидрофобности поверхность АУ способна сорбировать из водных растворов или влажных газовых сред органические примеси – ароматические углеводороды, фенолы, диоксины, галогенпроизводные и др.

В связи с этим возникает необходимость изыскания различных способов получения АУ с широким спектром различных свойств.

В настоящее время в Республике Беларусь АУ не производятся.

В Институте природопользования НАН Беларуси проведены многочисленные исследования по получению АУ различного назначения из торфа. Установлено, что для получения качественных АУ необходимо использовать верховой торф высокой степени разложения (более 40 %), что подтверждено в ходе исследовательских работ по определению возможности получения АУ из торфяного сырья месторождения «Туршевка–Чертово» Крупского района Минской области. С целью расширения сырьевой базы для получения АУ представляло интерес исследовать возможность получения углей из торфа более низкой степени разложения.

Образование пористой структуры карбонизованных продуктов из торфа и других углеродсодержащих материалов зависит и от введения структурирующих добавок, в качестве которых используют природные (целлюлоза, лигнин сосновый, остаток от гидролиза торфа) и синтетические (фуриловая и фенолформальдегидная смолы) полимеры, каменноугольный пек, продукты переработки нефти [6]. Показано, что природные полимеры с высоким содержанием кислорода способствуют образованию в углеродных материалах при термообработке значительного объема макропор. Введение в композицию синтетических полимеров обеспечивает равномерную усадку по всему куску карбонизируемого продукта и формирование углеродного скелета с весьма однородной микропористой структурой. Известно, что с целью улучшения сорбционных характеристик и повышения прочности торфяных АУ опробован ряд модифицирующих добавок, являющихся сегодня крупнотоннажными отходами химических производств [7]. Установлено, что их использование способствует развитию в карбонизованном материале мезо- и микропор, увеличению прочности АУ на 9–13 %.

С учетом дешевизны торфяного сырья, а также разнообразия составляющих его компонентов по составу, цель работы – исследовать возможности получения из торфяного сырья низкой степени разложения АУ, содержащих модифицирующие добавки различной природы, обладающие направленным влиянием на выход, прочностные характеристики и параметры пористой структуры АУ.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования являются верховой торф низкой степени разложения (20–25 %) месторождения «Радемье», активированный уголь на основе исходного гранулированного торфа и модифицированного добавками органической природы.

Наиболее перспективными для использования в качестве модифицирующих добавок являются остаточные продукты переработки нефти: тяжелая пиролизная смола (ТПС), мазут М-100 и пластификатор нефтяной ПН-6, содержащие значительное количество полиароматических соединений и смол.

В качестве модифицирующих углеводородсодержащих добавок использован ряд отходов современного нефтехимического синтеза.

ОАО «Нафтан» в качестве товарного продукта выпускает мазут топочный М-100, который содержит 85–95 % углеводородов, в том числе не более 14 % парафино-нафтеновых и 70–80 % ароматических углеводородов, а также до 8 % смол и до 7 % асфальтенов.

Масло-мягчитель (масло ПН-6) представляет собой концентрат ароматических углеводородов, получаемый компаудированием экстрактов фенольной очистки масляных фракций нефти. Оно содержит до 77 % ароматических углеводородов, при этом значительную долю составляют полиароматические углеводороды.

Одним из побочных продуктов синтеза олефинов на ПО «Полимир» является тяжелая смола пиролиза (ТСП), которая представляет собой остаток, выкипающий с температурой выше 180 °С и коксующестью как правило более 12 мас.%. Наличие в жидких продуктах пиролиза широкого спектра ароматических и алкилароматических углеводородов с ненасыщенными связями делает их ценным сырьем для нефтехимического синтеза.

Модифицирующие добавки на основе нефтепродуктов вводили в виде водных эмульсий из расчета 10 % добавки на сухое вещество торфа, при этом М-100 и ПН-6 вследствие их высокой вязкости предварительно нагревали до 80–100 °С. Также в качестве модифицирующих добавок были опробованы композиции этих компонентов с маловязкой тяжелой пиролизной смолой при соотношении 1 : 1, выполняющей наряду с основным назначением функцию разбавителя.

Древесные опилки добавляли в торф в количестве 10, 30, 50 % на сухое вещество, после чего в композит вводили требуемое количество воды.

Все образцы композитов тщательно перемешивали и выдерживали на воздухе в течение 20 ч. Гранулирование образцов торфа проводили на шнековом грануляторе с диаметром фильер 5 мм путем двукратной переработки. Полученные гранулы сушили в естественных условиях до влажности около 10 %.

Полученные образцы торфа с углеводородсодержащими добавками исследовали методом термического анализа. Термогравиметрический анализ композиций торфа с модифицирующими добавками проводили на синхронном термоанализаторе STA 2500 фирмы NETZSCH, работающим под управлением программного пакета NETZSCH Proteus Thermal Analysis.

Условия проведения исследований: термопара – тип S, тигель – Pt, эталон – Al₂O₃, масса образца – 17–20 мг, скорость нагрева – 10 К/мин, диапазон температур – 30–1000 °С, газ-носитель, защитный газ – азот, расход газа-носителя – 20 мл/мин, расход защитного газа – 30 мл/мин. Каждый образец композиции подвергали термическому анализу в трехкратной повторности, а расчет дифференциальных кривых и их последующую обработку проводили по средней кривой потери массы.

Образцы АУ получали по следующей технологии. Высушенные гранулы помещали в печь карбонизации и нагревали со скоростью подъема температуры 3–4 °С/мин до конечной температуры 600 °С. Активацию торфяного кокса проводили в электропечи марки СУОЛ в среде перегретого водяного пара при температуре 900 °С. Время активации подбирали таким образом, чтобы все образцы находились в пределах степени обгара 50–62 %.

Для оценки свойств исходных гранул, кокса и АУ использовали как стандартные методы, так и лабораторные методики.

Определение влажности и зольности торфа проводили по СТБ 2042-2010, влажности кокса и АУ – по ГОСТ 12597-67, а их зольности – по ГОСТ 12596-67.

Насыпную плотность определяли по ГОСТ Р 55959-2014 в рабочем состоянии (т. е. с имеющейся влагой) и в пересчете на сухое вещество. Прочность на истирание исходных гранул композитов и полученных из них АУ оценивали по ГОСТ 16188-70.

О параметрах пористой структуры объектов исследования судили по указанным ниже характеристикам, которые определяли методами:

- адсорбционную активность по метиленовому голубому, характеризующую наличие мезопор (2–50 нм), – по ГОСТ 4453-74 на фотоэлектрическом концентрационном калориметре КФК-2МП;
- адсорбционную активность по иоду, свидетельствующую о развитии системы микропор, – титрованием по ГОСТ 6217-74,
- суммарный объем пор по воде (размер пор 0,5–10⁴ нм) – по ГОСТ 17219-71.

Результаты и их обсуждение. С целью изучения влияния добавок органической природы на процесс термодеструкции торфа получены экспериментальные образцы торфа, модифицированного продуктами переработки нефти и древесными опилками в гранулированном виде. Характеристики полученных композитов приведены в табл. 1.

Как следует из данных табл. 1, модифицирующие добавки органической природы не влияют на зольность композитов. Также из данных этой таблицы видно, что добавки снижают значения насыпной плотности, что свидетельствует об образовании менее компактных структур, возможно, за счет гидрофобизации отдельных составляющих органического вещества.

Использование продуктов переработки нефти для модификации торфа незначительно снижает прочность гранул на истирание, исключение составляет лишь масло ПН-6. Следует отметить, что прочность гранул с индивидуальными добавками выше, чем при использовании композиций этих присадок. Введение древесных опилок существенно снижает прочность гранул на истирание.

Таблица 1. Физико-техническая характеристика композиций на основе торфа и органических добавок**Table 1. Physical and technical peculiarities of compositions based on peat and organic additives**

Количество добавки, %	Влажность гранул для коксования, %	Зольность, %	Насыпная плотность (на с. в.), г/дм ³	Прочность на истирание, %
0	11,5	1,7	299,1	76,6
<i>Продукты нефтепереработки</i>				
10 ТПС	12,0	1,7	274,1	74,4
10 М-100	8,7	1,8	272,5	70,9
10 ПН-6	8,9	1,8	261,0	83,2
5 ТПС + 5 М-100	9,8	1,9	251,6	67,2
5 ТПС + 5 ПН-6	10,1	1,9	248,3	70,2
<i>Древесные опилки</i>				
10	11,9	2,1	233,3	55,6
30	11,7	1,9	206,8	47,9
50	12,0	1,8	210,8	23,9

Для оценки влияния модифицирующих добавок на сорбционные и прочностные свойства термообработанных композиционных материалов были получены образцы коксов и АУ. Сорбционные характеристики кокса, полученного из гранулированного торфа, представлены в табл. 2.

Таблица 2. Сорбционные характеристики полученного торфяного кокса**Table 2. Sorption characteristics of the resulting peat coke**

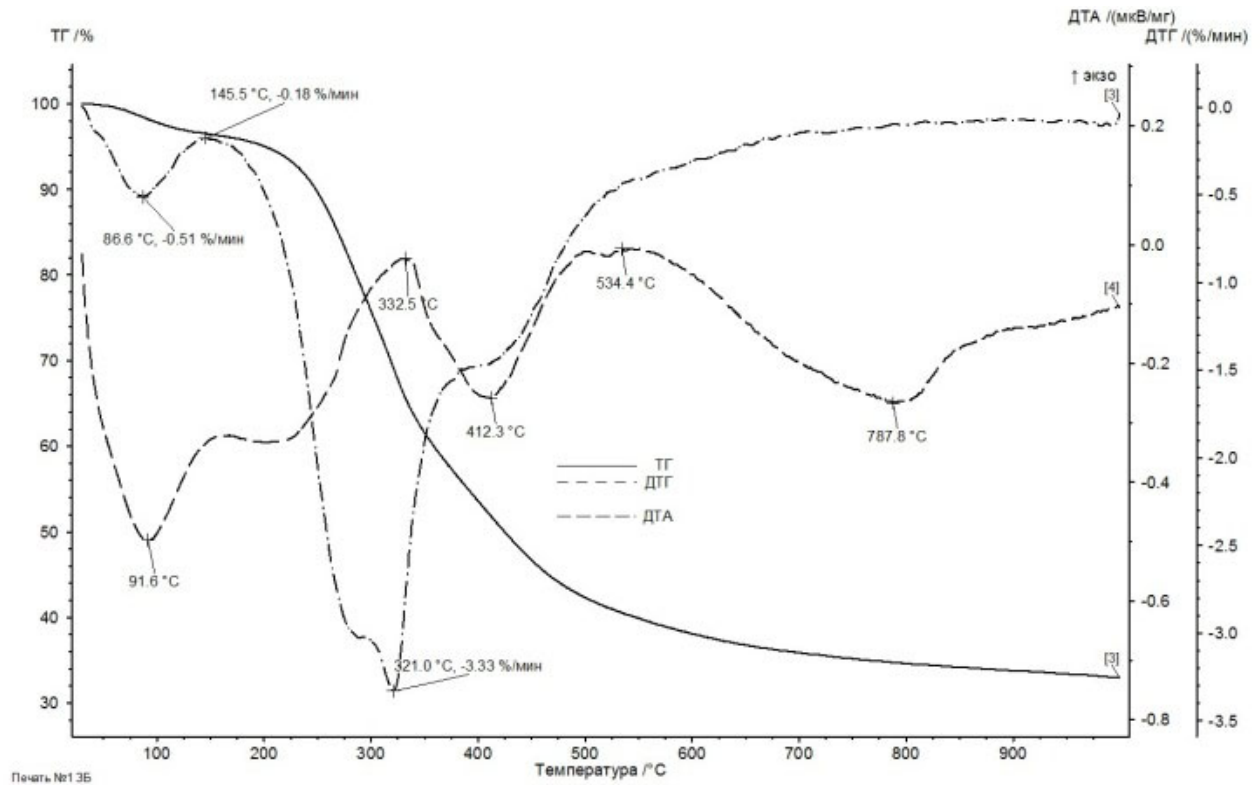
Концентрация добавки, %	Адсорбционная активность			Суммарный объем пор по воде, г/см ³
	Метиленовый голубой	Иод		
		мг/г	%	
0	7,2	5,6	71,1	0,98
<i>Продукты нефтепереработки</i>				
10 ТПС	0,0	1,8	22,8	1,00
10 М-100	23,0	7,6	96,4	0,67
10 ПН-6	33,4	8,6	109,1	0,66
5 ТПС + 5 М-100	0,0	3,7	46,9	1,28
5 ТПС + 5 ПН-6	0,0	6,1	77,4	1,32
<i>Древесные опилки</i>				
10	22,0	8,2	104,1	1,51
30	0,0	6,3	79,9	1,56
50	12,3	15,0	190,4	1,88

У образцов торфа, модифицированного продуктами нефтепереработки, в результате коксования имеет место уменьшение суммарного объема пор по воде в 2–3 раза, что свидетельствует об уплотнении их структуры, и, как следствие, отсутствие открытой пористой структуры.

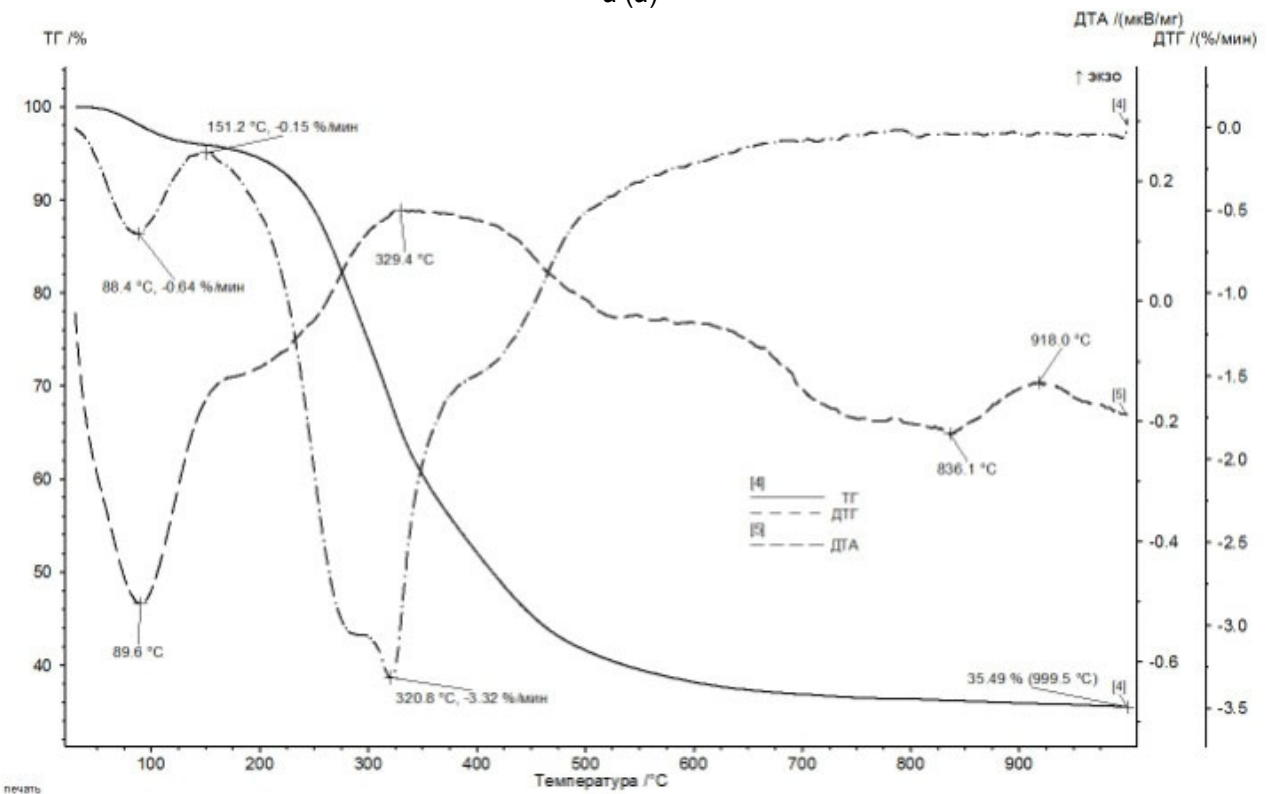
В результате оценки сорбционных свойств коксов установлено, что при карбонизации торфяного сырья происходит резкое снижение количества мезопор, а в ряде случаев их количество стремится к нулю. Например, при модификации торфа тяжелой пиролизной смолой и ее композициями с мазутом М-100 и маслом ПН-6 адсорбционная активность по метиленовому голубому отсутствует.

Как показано ранее (см. табл. 2), все исследованные образцы торфа, модифицированного органическими присадками, характеризуются незначительным количеством микропор. Адсорбционная активность по иоду коксов, полученных из образцов торфа, модифицированных продуктами нефтепереработки, практически не изменяется, а у коксов из торфа, модифицированного древесными опилками, несколько возрастает.

Методом термического анализа были изучены композиции торфа с углеводородными присадками. На рис. 1–2 приведены термограммы образцов исходного торфа, торфа с добавками тяжелой пиролизной смолы и нефтепродуктов.



а (a)



б (b)

Рис. 1. Термограммы образцов исходного (а) и модифицированного тяжелой пиролизной смолой (б) торфа

Fig. 1. Thermograms of samples of the original (a) and modified (b) peat with heavy pyrolysis resin

Картина процесса термической деструкции исходного торфа (см. рис. 1) достаточно характерна для термолиза большинства образцов торфа, вне зависимости от типовой и видовой их принадлежности. В температурном интервале 110–160 °С выделяется гигроскопическая и пирогенетическая вода. При температурах 275–325 °С термическое разложение сопровождается образованием значительного количества жидких продуктов пиролиза и процесс протекает с выделением тепла. В интервале температур 475–500 °С прекращается выделение жидких продуктов пиролиза, а выше 600 °С скорость деструктивных процессов существенно снижается. В температурном интервале 600–1000 °С процессы термического распада протекают без заметных тепловых эффектов.

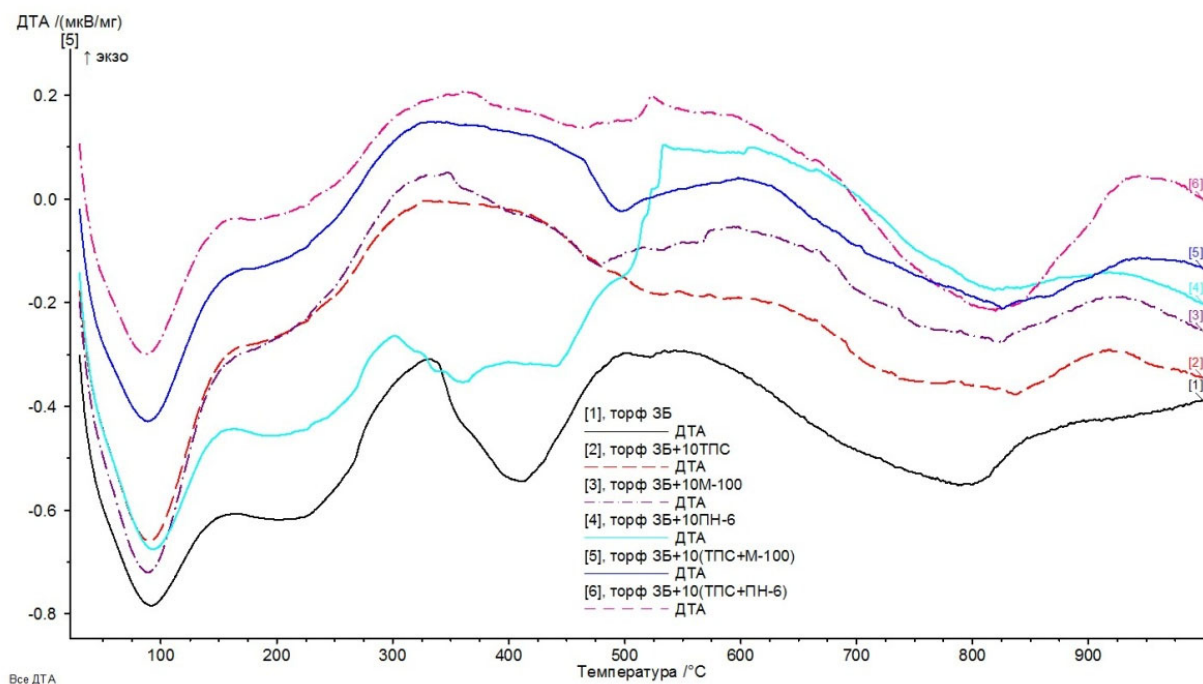


Рис. 2. Кривые ДТА образцов исходного и модифицированного нефтепродуктами торфа

Fig. 2. DTA curves for samples of original and modified peat with oil products

В табл. 3 приведены данные о потере массы образцами исходного торфа и торфа с углеводородными модификаторами. Как следует из представленных данных, потеря массы образцами торфа, модифицированного добавками ТПС, в интервале температур 150–600 °С практически идентичны с таковыми для исходного торфа, что свидетельствует о том, что добавки тяжелой пиролизной смолы не вышли из структуры композиционного материала при нагреве. Тогда как при термической деструкции композиций торфа с добавками М-100 и ПН-6 в области температур 150–600 °С потеря массы по сравнению с исходным торфом на 6–7 % выше, что свидетельствует об удалении части модифицирующих добавок за счет выгорания. Этот факт подтверждается появлением на термограммах торфа с добавками М-100 и ПН-6 эндотермических эффектов в области температур 450–500 °С. Процесс термического распада образцов торфа с добавками ТПС в области температур 600–900 °С протекает более медленно, чем исходного торфа. Это говорит об образовании более термоустойчивых структур в коксовом остатке. Несколько иная картина термического распада образцов торфа, модифицированного добавками М-100 и ПН-6, наблюдается в области температур 600–900 °С, для которой характерна несколько большая скорость протекания термодеструкции, сопровождаемая протеканием экзотермических процессов в области температур 800–1000 °С. Из общей теории строения углеродных материалов известно, что процессы, протекающие в высокотемпературных областях с экзотермическими эффектами, связаны с формированием более совершенных упорядоченных энергетически выгодных псевдографитных структур углерода. Эти результаты подтверждаются тем фактом, что из числа углеводородных модификаторов наиболее эффективными являются композиции торфа с присадками М-100 и ПН-6, повышающие прочность в 1,5 раза по сравнению с ТПС.

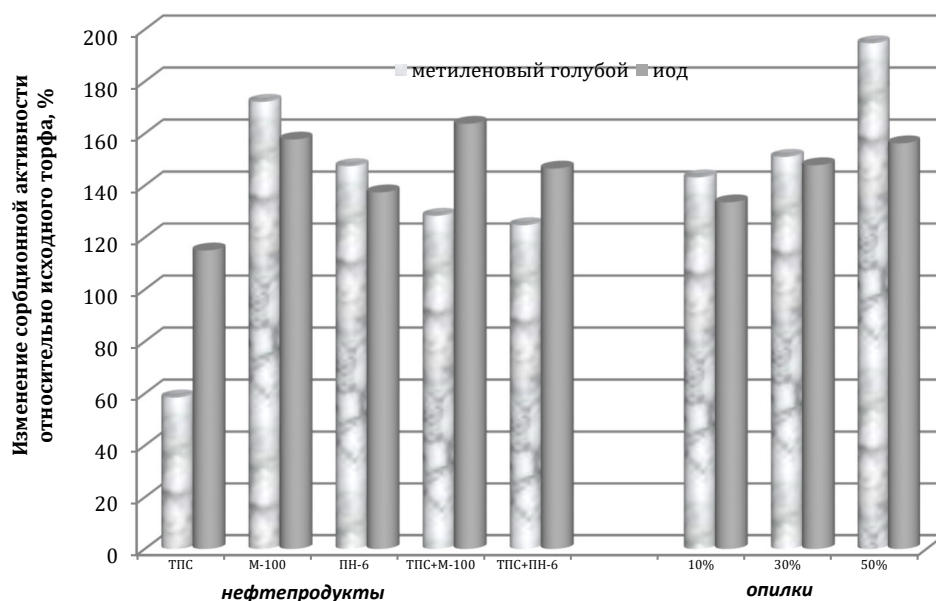
Таблица 3. Потеря массы образцов композиций торфа в различных температурных диапазонах**Table 3. Weight loss of samples of peat compositions in different temperature ranges**

Добавка	Содержание добавки, %	Потеря массы, %			Остаточная масса, %
		30–150 °С	150–600 °С	600–900 °С	
Торф без добавки	0	3,55	58,35	4,30	32,96
ТПС	10	4,10	57,72	2,23	35,49
М-100	10	4,55	65,04	5,21	24,26
ПН-6	10	4,16	64,30	5,04	25,58
ТПС + М-100	5+5	3,08	62,48	4,90	29,04
ТПС + ПН-6	5+5	2,73	62,02	6,14	28,72

В табл. 4 и на рис. 3–4 представлены сорбционные характеристики полученных модифицированных торфяных АУ.

Таблица 4. Характеристики полученного активированного угля из торфа**Table 4. Characteristics of the obtained activated carbon from peat**

Концентрация добавки, %	Адсорбционная активность			Прочность на истирание, %
	метиленовый голубой мг/г	иод		
		%	мг/г	
0	148,3	54,6	693	31,2
<i>Продукты нефтепереработки</i>				
10 ТПС	86,8	62,8	798	0,1
10 М-100	180,0	74,2	942	7,2
10 ПН-6	218,7	75,0	953	23,3
5 ТПС + 5 М-100	190,4	89,4	1134	46,8
5 ТПС + 5 ПН-6	185,0	80,0	1015	50,9
<i>Древесные опилки</i>				
10	212,3	72,9	925	30,9
30	224,0	80,7	1024	2,1
50	288,8	85,3	1082	1,7

**Рис. 3. Влияние модифицирующих добавок на адсорбционную активность торфяных углей****Fig. 3. Influence of modifying additives on adsorption activity peat activated carbons**

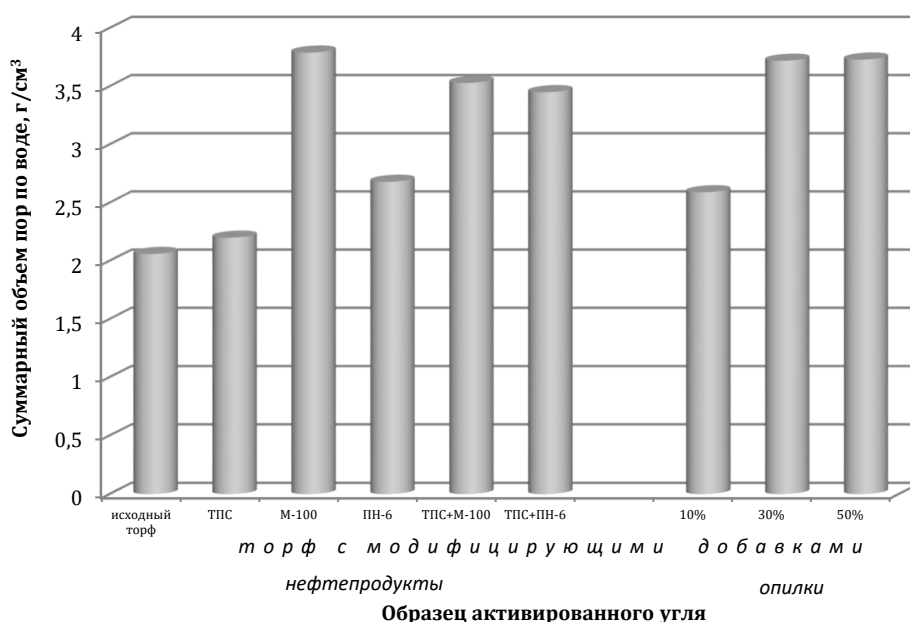


Рис. 4. Влияние модифицирующих добавок на суммарный объем пор по воде торфяных активированных углей

Fig. 4. The influence of the modifying additives on the total pore volume in water of peat activated carbons

Установлено, что введение в композицию древесных опилок способствует развитию пористой структуры торфяных АУ, при этом увеличивается количество как мезопор, так и микропор, о чем свидетельствует повышение их адсорбционной активности по сравнению с торфяным углем по метиленовому голубому в 1,4–1,9 раза и по иоду в 1,3–1,5 раза в зависимости от содержания опилок в композите.

Продукты переработки нефти влияют на пористую структуру АУ различным образом. Введение тяжелой пиролизной смолы приводит к снижению адсорбционной активности углей по метиленовому голубому на 40 %, что свидетельствует об уменьшении количества мезопор, при этом количество микропор возрастает на 15 %. Мазут М-100 и масло ПН-6 и композиции этих компонентов с тяжелой пиролизной смолой способствуют образованию как мезо-, так и микропор – адсорбционная активность возрастает в 1,2–1,5 раза.

На рис. 4 показано влияние модифицирующих добавок на суммарный объем пор по воде торфяных АУ. Наиболее заметные трансформации пористой структуры происходят при использовании в качестве модификатора мазута М-100 и композиций тяжелой пиролизной смолой с мазутом М-100 и маслом ПН-6. В процессе активации карбонизированного сырья суммарный объем пор полученных углей по сравнению с объемом пор кокса возрастает в 3,9–5,5 раза. С повышением содержания древесных опилок в композиции суммарный объем пор АУ по воде также увеличивается на 30–85 %.

Все исследованные АУ характеризуются невысокой прочностью на истирание. Из числа продуктов нефтепереработки наиболее эффективными являются композиции тяжелой пиролизной смолы с М-100 и ПН-6, повышающие прочность в 1,5 раза. Следует отметить, что тяжелая пиролизная смола негативно влияет на прочность АУ, которая практически равна нулю. Введение в композицию более 10 % древесных опилок приводит к падению прочности АУ в 15 раз.

Заключение. Изучены физико-технические и сорбционные свойства полученных гранулированных композитов. Установлено, что введение продуктов нефтепереработки практически не влияет на суммарный объем пор по воде, но снижает адсорбционную активность торфяных композитов по метиленовому голубому примерно в 2 раза. Древесные опилки во всех исследованных концентрациях не оказывают существенного влияния на пористую структуру композитов.

У образцов торфа, модифицированного продуктами нефтепереработки, в результате коксования имеет место уменьшение суммарного объема пор по воде в 2–3 раза, что свидетельствует об уплотнении их структуры. Для композитов с древесными опилками данное явление не столь выражено.

Установлено, что все исследованные АУ характеризуются невысокой прочностью на истирание.

Оценка сорбционных свойств полученных АУ показала, что введение в композицию древесных опилок способствует развитию пористой структуры торфяных АУ, при этом увеличивается количество

как мезопор, так и микропор, о чем свидетельствует повышение их адсорбционной активности по сравнению с торфяным углем по метиленовому голубому в 1,4–1,9 раза и иоду в 1,3–1,5 раза в зависимости от содержания опилок в композите. Суммарный объем пор АУ по воде также увеличивается на 30–85 % с повышением содержания древесных опилок в композите.

Продукты переработки нефти влияют на пористую структуру АУ различным образом, а наиболее эффективными модифицирующими добавками являются мазут М-100 и масло ПН-6, которые способствуют образованию как мезо-, так и микропор: адсорбционная активность возрастает в 1,2–1,5 раза.

Список использованных источников

1. Томсон, А. Э. Торф и продукты его переработки / А. Э. Томсон, Г. В. Наумова. – Минск : Беларуская навука, 2009. – С. 56–64.
2. Кропотов, В. И. Развивать производство активных углей в лесохимической промышленности / В. И. Кропотов // Гидролизная и лесохимическая промышленность. – 1976. – № 1. – С. 31–32.
3. Галкин, В. А. Исследования углей различных пород древесины как сырья для получения активных углей / В. А. Галкин, В. Н. Голубев, Ю. В. Андреев // Гидролизная и лесохимическая промышленность. – 1970. – № 4. – С. 18–19.
4. Jurgen, G. Die Einzatzgebiete von torfaktivkohle / G. Jurgen // Telma. – 1990. – Vol. 20. – P. 157–164.
5. Олонцев, В. Д. Активированные угли в народном хозяйстве страны / В. Д. Олонцев, О. В. Мамонов // Углеродные адсорбенты и их применение в промышленности : тез. докл. V Всесоюз. совещ., Пермь, 1991. – С. 3–4.
6. Дрожалина, Н. Д. Влияние модифицирующих добавок на пористую структуру углеродных адсорбентов из торфа / Н. Д. Дрожалина, Н. А. Булгакова, В. К. Жуков // Вес. Акад. наук БССР. Сер. хім. навук. – 1987. – № 6. – С. 98–101.
7. Нистратов, А. В. Оптимизация пористой структуры и прочности углеродных адсорбентов на основе торфа и полимерных отходов / А. В. Нистратов, В. Н. Клушин, В. М. Самодуров // Успехи в химии и химической технологии. – 2011. – № 10. – С. 11–15.

References

1. Tomson A. E., Naumova G. V. *Torf i produkty ego pererabotki* [Peat and derived products]. Minsk, 2009, pp. 56–64. (in Russian)
2. Kropotov V. I. *Razvivat proizvodstvo aktivnykh uglei v lesokhimicheskoi promyshlennosti* [To develop the production of active carbons in the wood chemical industry]. *Gidroliznaia i lesokhimicheskaja promyshlennost = Hydrolysis and Forestry Chemistry*, 1976, no. 1, pp. 31–32. (in Russian)
3. Galkin V. A., Golubev V. N., Andreev U. V. *Issledovaniia uglei razlichnykh porod drevesiny, kak syria dlia poluchenii aktivnykh uglei* [Studies of coals of various wood species as raw materials for the production of active carbons]. *Gidroliznaia i lesokhimicheskaja promyshlennost = Hydrolysis and Forestry Chemistry*, 1970, no. 4, pp. 18–19. (in Russian)
4. Jurgen G. Die Einzatzgebiete von torfaktivkohle. *Telma*, 1990, vol. 20, pp. 157–164.
5. Olontsev V. D., Mamonov O. V. *Aktivirovannye ugli v narodnom khoziaistve strany* [Activated carbons in the national economy of the country]. *Uglerodnye adsorbenty i ikh primenenie v promyshlennosti. Tezisy dokladov V Vsesoiuznogo soveshaniya* [Proc. of Vth All-Union Conf. 'Carbon adsorbents and their industrial applications']. Per'm, 1991, pp. 3–4. (in Russian)
6. Drozhalina N. D., Bulgakova N. A., Zhukov V. K. *Vliyanie modifiziruyushchih dobavok na poristuyu strukturu uglerodnykh adsorbentov iz torfa* [Influence of modifying additives on the porous structure of carbon adsorbents from peat]. *Bulletin of the Academy of Sciences of the BSSR. Chemical sci. series*, 1987, no. 6, pp. 98–101. (in Russian)
7. Nistratov A. V., Klushin V. N., Samodurov V. M. *Optimizaciya poristoj struktury i prochnosti uglerodnykh adsorbentov na osnove torfa i polimernykh othodov* [Optimization of the porous structure and strength of carbon adsorbents based on peat and polymeric waste]. *Uspekhi v himii i himicheskoi tekhnologii = Advances in Chemistry and Chemical Technology*, 2011, no. 10, pp. 11–15. (in Russian)

Информация об авторах

Томсон Алексей Эммануилович – кандидат химических наук, доцент, заместитель директора по научной работе, заведующий Центром по торфу и сапропелям, заведующий лабораторией экотехнологий, Институт природопользования НАН Беларуси, (ул. Ф. Скорины, д. 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: altom@nature-nas.by

Information about the authors

Alexey E. Tomson – Ph. D. (Chemistry), Assistant Professor, Deputy Director, Head of the Center of Peat and Sapropel, Head of Lab. of Ecotechnology, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: altom@nature-nas.by

Марзан Анастасия Сергеевна – младший научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси, (ул. Ф. Скорины, д. 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: marr_29@mail.ru

Царюк Татьяна Яковлевна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси, (ул. Ф. Скорины, д. 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: tsariuk9@mail.ru

Фалюшина Ирина Петровна – научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси, (ул. Ф. Скорины, д. 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: info@nature-nas.by

Соколова Тамара Владимировна – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси, (ул. Ф. Скорины, д. 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: tomsok49@tut.by

Калантаров Михаил Георгиевич – кандидат биологических наук, ведущий инженер, Институт природопользования НАН Беларуси, (ул. Ф. Скорины, д. 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: mkalantaroff@gmail.com

Пехтерева Виктория Станиславовна – научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси, (ул. Ф. Скорины, д. 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: pehvik@yandex.ru

Anastasiya S. Marzan – Junior Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: marr_29@mail.ru

Tatiana Ya. Tsariuk – Ph. D. (Technical), Senior Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: tsariuk9@mail.ru

Iryna P. Faliushyna – Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: info@nature-nas.by

Tamara V. Sokolova – Ph. D. (Technical), Assistant Professor, Senior Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: tomsok49@tut.by

Michail G. Kalantarov – Ph. D. (Biology), Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: mkalantaroff@gmail.com

Victoriya S. Pehтереva – Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: pehvik@yandex.ru