

Исследование сорбционной способности торфа и его производных

Молоснова Вера Дмитриевна

11 класс, МБОУ Гимназия № 13 Нижнего Новгорода, Научное объединение «Школа юного исследователя» АНО ДО «Академ клуб», ИПФ РАН

Научный руководитель С.А. Буланова, младший научный сотрудник ИПФ РАН

Данная статья посвящена физико-химическим свойствам торфа и его производных, а также возможности их применения в качестве сорбентов. Был произведён СВЧ-пиролиз торфа, исследованы и сравнены характеристики полученного углеродистого остатка и исходного образца торфа. Наибольшая масса частиц, как в торфе, так и в углеродистом остатке имеет диаметр менее 0,01 мкм. У углеродистого остатка сорбционные свойства выше, чем у переработанного торфа. В дальнейшем предполагается исследовать сорбцию продуктами пиролиза ионов металлов.

Каждую секунду 310 кг токсичных химических веществ выбрасываются в атмосферу, землю и воду промышленными предприятиями по всему миру. Это составляет примерно 10 миллионов тонн токсичных химических веществ в год [1]. Нефть также входит их число. В 2019 году произошла 17 171 авария с разливами нефти на предприятиях топливно-энергетического комплекса [2]. Поэтому перспективны исследования, направленные на устранение таких аварий. Одним из способов решения подобных проблем является поглощение разливов нефтепродуктов сорбентами. Целью настоящей работы было исследование сорбционных свойств распространенного на территории Российской Федерации полезного ископаемого - торфа и его производных.

Торф был выбран как объект исследования по ряду причин. Во-первых, согласно данным Международного Торфяного Общества (International Peat Society, IPS) общая площадь торфяных болот во всем мире составляет около 4,23 млн км², что соответствует 2,83% земной поверхности. Общий объем торфяных ресурсов России оценивается в 150–160 млрд тонн. Данный объект не опасен ни для человека, ни для природы. Поэтому торф является перспективным сорбентом нефтепродуктов. Для повышения его эффективности как сорбента он может подвергаться различным обработкам. Одним из таких способов является пиролиз. Из всех видов пиролиза, наиболее перспективным в настоящее время СВЧ-пиролиз, так как он достаточно экологичен. Также при СВЧ-нагреве незначительна теплопроводность вещества, так как микроволновые волны проникают в исследуемый материал на значительную глубину, и при поглощении более равномерно распределяется тепло, обеспечивая эффективный нагрев материалов с низкой теплопроводностью. Ещё одним преимуществом СВЧ-пиролиза является возможность регулирования скорости пиролитических реакций и состава продуктов, поскольку при СВЧ-нагреве температурой материалов можно управлять, изменяя мощность СВЧ-генератора. Поэтому в данной работе осуществляется переработка торфа при помощи СВЧ-излучения [3].

В качестве обрабатываемого органического материала был использован верховой сфагновый торф низкой степени разложения Греко-Ушаковского месторождения. СВЧ-комплекс был разработан в ИПФ РАН, его описание даётся в работе [4].

CHNS-анализ проводился на базе ННГУ им. Лобачевского. Операция выполнялась в специальном приборе — элементном анализаторе. При сжигании образец выделил смесь газов, включающую элементы C, H, N и S. Затем к продуктам сгорания (CO₂, H₂O, NO₂ и пр.) применяли метод газовой хроматографии, чтобы определить процентное соотношение элементов в исходном образце. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты CHNS-анализа образцов

Образец исходного торфа	Массовая доля, %			
	азот	углерод	водород	сера
Перед СВЧ-нагревом	2–3	60–62	7–8	< 0,3
После СВЧ-нагрева	2–3	83–85	4–5	< 0,3
После теплового нагрева	1–2	64–65	4–6	< 0,3

Для определения фракционного состава торфа и полученного СВЧ-пиролизом углеродистого остатка (далее УО) был применен метод сухого ситового анализа проведённый вручную. Массовую долю фракций находили по формуле (1)

$$\omega_c = \frac{m_{\phi} * 100}{m_{\text{общ}}}, \quad (1)$$

где ω_c – массовая доля содержания фракции, %; m_{ϕ} – масса фракции, долю которой находим, г; $m_{\text{общ}}$ – масса первоначальной пробы торфа, г.

Таким образом, были получены результаты, представленные в таблице 2:

Таблица 2. Фракционный состав углеродистого остатка

№	Размер фракции, мм	Массовая доля УО во фракции, %	Массовая доля торфа во фракции, %
1	Более 0,93	4,00	19,19
2	От 0,65 до 0,93	2,21	14,18
3	Менее 0,65	64,75	93,79

Для определения сорбционной ёмкости сорбента, в качестве сорбата был выбран Уайт-спирит, который является смесью нефтепродуктов. Исследование проводилось на самой мелкодисперсной фракции сорбента, полученной при определении фракционного состава. Для более точного результата, сорбент, находящийся в ёмкости вместе с водой и сорбатом, встряхивался в течение 5 минут. Опыт был повторён несколько раз. Для нахождения сорбционной ёмкости А использовалась формула (2):

$$A = \frac{M_1 - M_2}{M_2} * 100\%, \quad (2)$$

где А – сорбционная эффективность сорбента; M_1 – масса сорбента после испытания (с нефтепродуктом); M_2 – исходная масса сорбента.

Чтобы найти влагоёмкость, были проведены аналогичные действия, но без добавления сорбата в воду. Для нахождения влагоёмкости W использовалась формула (3):

$$W = \frac{M_c - M}{M} * 100\%, \quad (3)$$

где M_c, M – масса сырого и сухого сорбента соответственно, г.

В итоге получились следующие результаты: сорбционная ёмкость углеродистого остатка: 328,9г на 100 г, сорбционная ёмкость торфа: 340,2г на 100г, влагоёмкость углеродистого остатка: 378г на 100г, влагоёмкость торфа: 361,5г на 100г.

На основании проведённых исследований можно сделать следующие выводы: наибольшую массовую долю, как в торфе, так и в углеродистом остатке, имеет фракция менее 0,01 мм; для углеродистого остатка сорбционные свойства выше, чем для не переработанного торфа. В дальнейшем предполагается исследовать сорбцию продуктами пиролиза ионов металлов из растворов.

Литература

1. Worldometers.ru url: <https://www.worldometers.info/ru/> (дата обращения: 28.03.21).
2. Официальный Сайт Минэнерго РФ url: www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/proekt_gosudarstvennogo_doklada_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federat2019/
3. Крапивницкая Т.О., Богдашов А.А., Денисенко А.Н., Глявин М.Ю., Песков Н.Ю., Семенычева Л.Л., Ворожцов Д.Л. Экспериментальное исследование СВЧ-пиролиза торфа // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. Т. 9. 2019. С. 750 – 758.

4. Кривовицкая Т.О., Буланова С.А., Сорокин А.А., Денисенко А.Н., Ворожцов Д.Л., Семенычева Л.Л. Анализ продуктов низкотемпературного СВЧ-пиролиза торфа // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. Т. 10. 2020. С. 339 – 348.

