

4.5 Подсекция «ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ И БИОЭКОЛОГИЯ»

УДК 620.193.16

Ю.Г. Янута, зам. директора, канд. техн. наук
(Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск);
А.А. Шкиндерова, студ. (БГТУ, г. Минск)

ИЗУЧЕНИЕ РЕГЕНЕРАЦИИ АДСОРБЕНТА ОЧИСТКИ БИОГАЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Биогаз является перспективным возобновимым источником энергии. Согласно [1], один 1 м³ биогаза равен по энергетическому эквиваленту 0,6 м³ природного газа. В Республике Беларусь принята программа перехода на возобновляемые источники энергии, доля биогаза в генерации электроэнергии в 2023 г., согласно [2], превысила 8%. Непосредственное применение биогаза для генерации электроэнергии сдерживается, в том числе, и наличием серосодержащих соединений, количество которых может достигать 3%, а также углекислого газа. Очистка биогаза необходима для повышения его качественных характеристик с возможностью его применения в качестве возобновляемого источника энергии. Разработаны различные методы удаления таких примесей, как диоксид углерода, сероводород и влага, что позволяет повысить концентрацию метана, и соответственно калорийность. В настоящее время распространение получили следующие методы очистки:

1. Мембранное разделение. В качестве материалов используют полупроницаемые мембраны с покрытием из нанокристаллов целлюлозы/поливинилового спирта. Такие мембраны показывают высокую селективность по CO₂.

2. Химическая сорбция. В качестве поглотителей используют как воду, так и твердые сорбенты обладающие способностью связывать CO₂, H₂O и H₂S. Применение модифицированного силикагеля импрегнированного солями железа позволяет повысить концентрацию метана в биогазе с 60 % до 90 %.

3. Микроводорослево-бактериальные системы. Использование микроводорослей в системах для поглощения CO₂ и H₂S, позволяет достичь эффективности удаления H₂S до 98,9%.

4. Методы адсорбции. В качестве адсорбентов используются активированный уголь и цеолит, при этом оптимальное содержание метана достигается при определенной скорости потока и соотношении адсорбентов.

Широкое распространение получили методы очистки с исполь-

зованием хемосорбции и адсорбции. Они показали себя высокоэффективными, однако проблема, связанная с обращением с отработанными материалами не решена полностью. В работе исследована возможность регенерации отработанного хемосорбента. Внешний вид отработанного сорбента и места отбора образца для последующего анализа показаны на рис. 1. Образцы для анализа отбирали из внешнего слоя сорбента с глубиной отбора от поверхности 0-2 мм (рис. 1 образец б); средний слой – 3-4 мм (рис. 1 образец в); внутренний (центральный) слой – 8-10 мм (рис. 1 образец г).

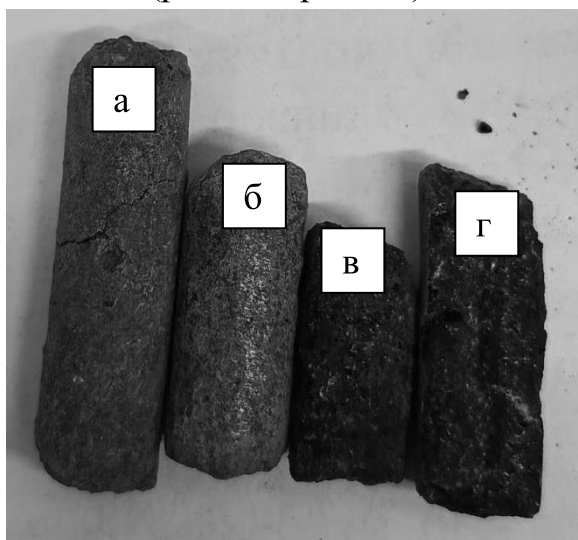


Рисунок 1 – Внешний вид (а) сорбента и сорбент после отбора пробы (б-г) образца для проведения дифференциального термического анализа

Анализ проводили с использованием дериватографа Netzsch 2500 Regulus. Масса навески составляла 15 мг. Исследование проводили с использованием платиновых тиглей в инертной и окислительной среде. Расход защитного газа составлял 30 мл/мин, газа-носителя – 20 мл/мин. Скорость нагрева 10 °С/мин. На рис. 2-4 приведены дериватограммы исследованных образцов в инертной среде (азот).

На всех кривых четко прослеживается потеря массы в диапазоне 120-140°С с максимумом около 138°С, на кривой ДТА у исследованных образцов наблюдается эндоэффект. При этом в отличие от внешнего слоя сорбента, в котором эндоэффект представлен тремя последовательными эффектами, в образцах среднего и внутреннего слоя наблюдаем лишь один минимум, что обусловлено протеканием либо схожих реакций, которые не могут быть дифференцированы при выбранных условиях опыта, либо протеканием одного процесса. С учетом того, что сорбент использован для очистки биогаза, можно заключить, что на поверхности проходит десорбция с разрушением или без не только связанных паров воды, но и других низкомолекулярных со-

единений, которые сорбируются поверхностным слоем адсорбента. Известно, что сорбенты H_2S могут связывать серу с ее окислением в элементарную. Именно выраженный эндоэффект с максимумом при $119^\circ C$ может быть связан с данным процессом. Подтверждением наличия фазового перехода при данной температуре является отсутствие потерь массы образца.

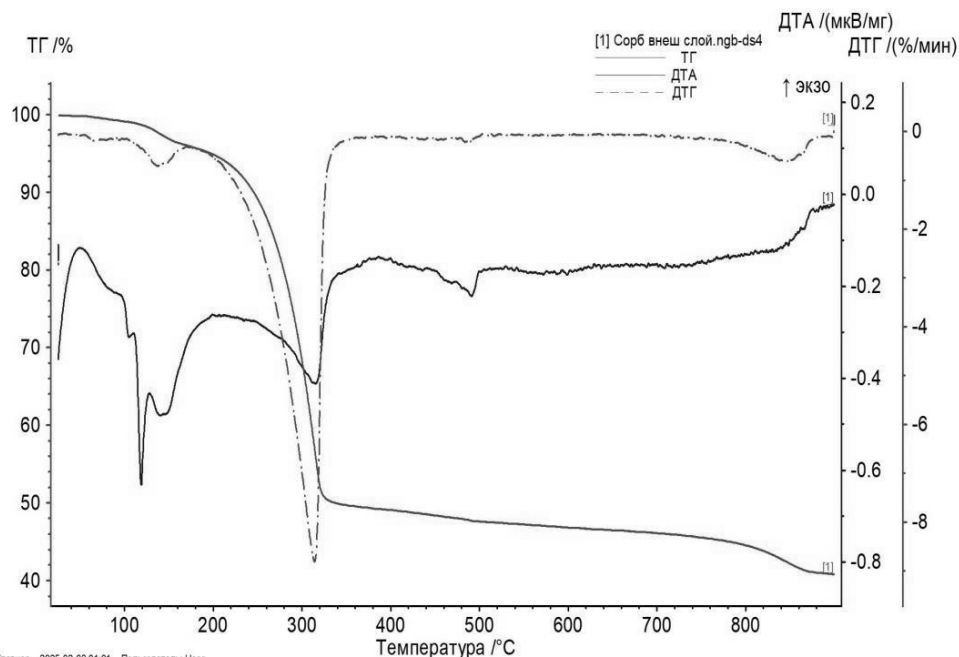


Рисунок 2 – Дериватограмма образца из поверхностного слоя сорбента (см. рис. 1б)

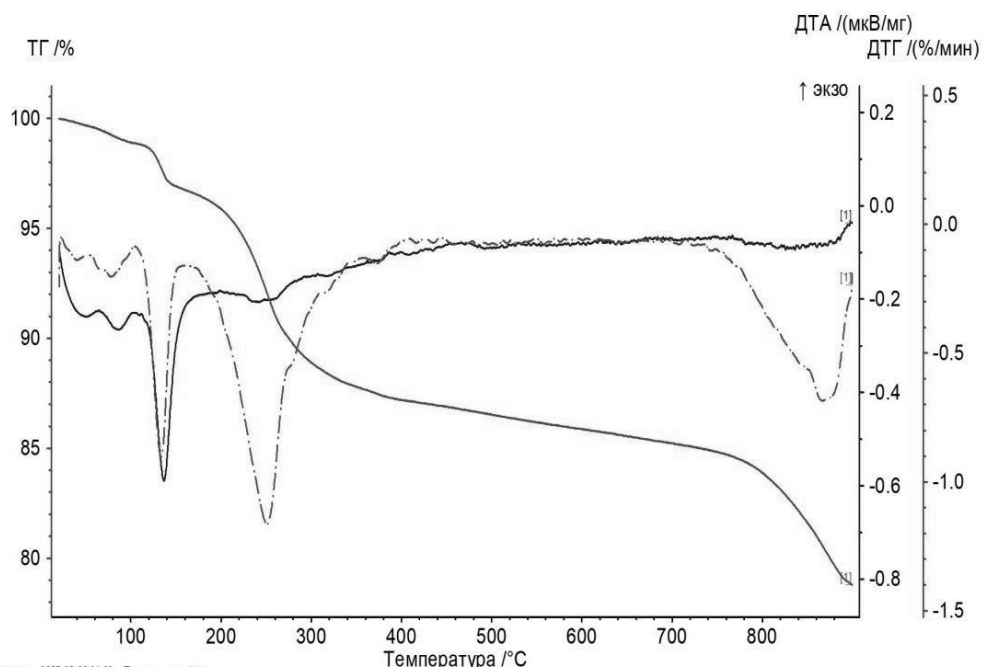


Рисунок 3 – Дериватограмма образца из срединного слоя сорбента (см. рис. 1 в)

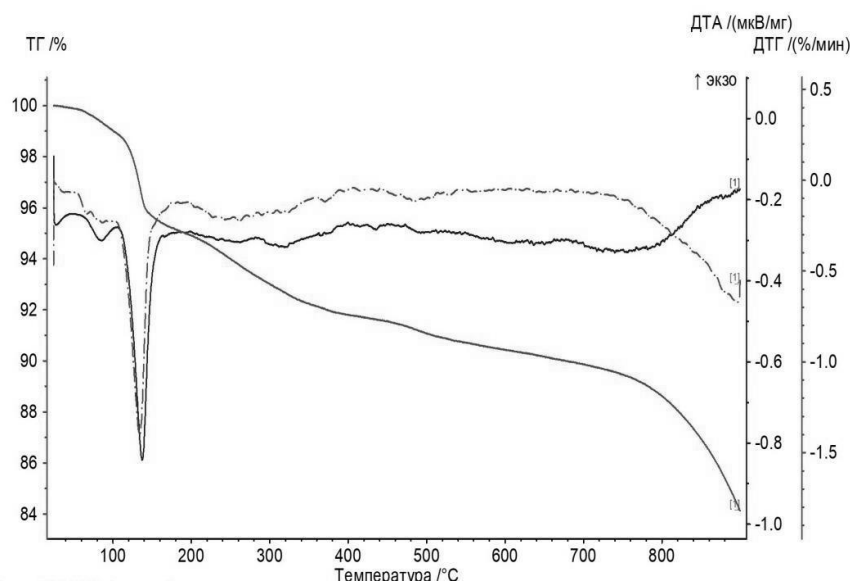


Рисунок 4 – Дериватограмма образца из срединного слоя сорбента (см. рис. 1 в)

Потеря массы образца в зависимости от состава газа-носителя представлена в таблице

Таблица – Потеря массы (%) сорбента

Диапазон температур, °С	Инертная среда			Окислительная среда		
	внешний слой	средний слой	внутренний слой	внешний слой	средний слой	внутренний слой
100-200	4,26	3,00	4,11	3,97	3,40	3,57
200-300	26,47	6,98	1,88	34,64	7,90	2,64
300-400	19,33	1,71	1,22	16,45	1,44	1,37
400-500	1,46	0,67	0,73	1,65	1,46	1,46
500-600	0,79	0,67	0,65	2,21	3,63	2,63
600-700	0,70	0,63	0,56	1,69	2,74	2,95

Установлено, что термическая обработка материала может быть использована для регенерации отработанного хемосорбента, используемого для очистки биогаза при температурах до 320°C.

ЛИТЕРАТУРА

1. Худык: использование энергии из биогаза наиболее благоприятно для экологии [Электронный ресурс] / Белта 1999. URL: <https://belta.by/society/view/hudyk-ispolzovanie-energii-iz-biogaza-naibolee-blagoprijatno-dlja-ekologii-512335-2022/> (дата обращения: 20.01.2025).

2. Эксперт НИЭИ Минэкономики рассказал о развитии топливно-энергетического комплекса Беларуси [Электронный ресурс] / Астровецкая праўда. 2024. URL: <https://www.ostrovets.by/news/novosti/news41545.html> (дата доступа: 20.01.2025).