

УДК 622

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ АДСОРБЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ТВЁРДЫХ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Петраков В.Д., студент гр. ТЭб-191, IV курс

Тыра А.В., студентка гр. ТЭб-191, IV курс

Глухова А.В., студентка гр. ТЭб-192, IV курс

Трускова Е.В., студент гр. ТЭб-192, IV курс

Научный руководитель: Ушаков К.Ю., старший преподаватель, с.н.с.  
НИЛ Катализа и преобразования углеродсодержащих материалов с  
получением полезных продуктов  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

В настоящее время, органическое топливо, основными видами которого являются природный газ и каменный уголь, занимает лидирующую позицию в выработке тепловой и электрической энергии промышленными предприятиями. При сжигании твердого топлива в котлоагрегатах промышленных предприятий образуется большое количество золы, доксида серы ( $SO_2$ ), оксидов азота. Данные загрязнения представляют большую опасность, поскольку они переносятся воздушными массами на большие расстояния и осаждаются на поверхность земли, загрязняя гидросферу и литосферу. Это оказывает разрушающее воздействие как на экологию, так и на население планеты [1]. Достаточно эффективным способом отчистки дымовых газов является использование сорбента. Разнообразие материалов, которые применяют для поглощения  $SO_x$  непрерывно растет в связи с расширением областей их применения. Существует большое количество различных по эффективности, стоимости и емкости поглощения сорбирующих веществ. Наряду с этим, разработка альтернативных сорбентов с высокой емкостью и эффективностью поглощения, специфичностью, подходящих для многократного использования с периодической регенерацией является важной для настоящего времени и представляет несомненный научный и практический интерес.

Было проведено определение адсорбционной активности и характеристик удельной поверхности твёрдых углеродсодержащих материалов. В качестве адсорбента была использована смесь твёрдых остатков последовательных процессов пиролиза и газификации резиновой крошки шины карьерных самосвалов и твёрдых остаток процесса термообработки угля. Текстурные характеристики образцов представлены в таблице 1. Определение диаметра пор  $D$  проводили методом низкотемпературной адсорбции азота после вакуумирования образцов при

130 °C в течении 12 часов по методу ВЖН. Величина удельной поверхности  $F_y$ , была получена по методу BET в результате анализа изотерм адсорбции-десорбции N<sub>2</sub> при -196°C (77K).

Таблица 1. Текстурные характеристики образцов.

Образец	$F_y$ , мг/м <sup>2</sup>	$D$ , нм
Г4	101,98	67,80
ГРП 2	103,42	80,26
ГРП 14	99,938	75,16
ГРП 19	98,36	77,18
СЛ	695,803	5,231

Экспериментальные исследования по адсорбционной активности выполнялись на экспериментальном стенде, схематичное изображение которого представлено на рисунке 1.

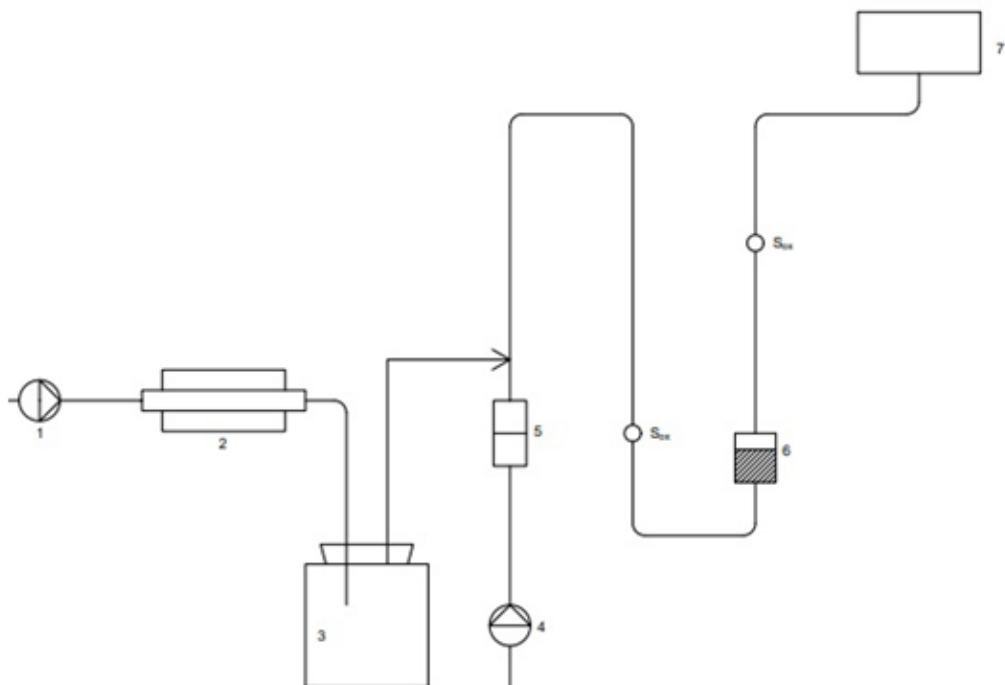


Рис 1. – Схема экспериментальной установки для поглощения оксидов серы плотным слоем адсорбента: 1-компрессор для подачи воздуха на горение, 2-электронагреватель с кварцевой трубкой, 3-газовый ресивер, 4-дутьевой вентилятор, 5 - дифференциальный манометр Testo 512, 6-секция с адсорбентом, 7-выход в атмосферу; S- точки отбора газа на газоанализаторы «Элан»

В кварцевую трубку помещается навеска серы  $m_s$ , герметично закрывается с двух сторон резиновыми пробками со штуцерами для подвода воздуха и отвода газообразных продуктов сгорания серы. Подача воздуха в зону горения осуществляется компрессором 1. Нагрев зоны горения осуществляется электрическим нагревателем 2. Образующийся в результате сгорания серы газ направляется в газовый ресивер 3, откуда подаётся в поток воздуха, который нагнетается в воздухопровод дутьевым вентилятором 4 (производительность ДВ регулируется частотным преобразователем) с расходом  $G$ . Расход воздуха  $V_e$  определяется при помощи дифференциального манометра 5 согласно методике [2]. Смесь продуктов сгорания серы и воздуха поступает в секцию с адсорбентом  $m_{ad}$ , контроль концентрации  $\text{SO}_2$  в потоке осуществляется отбором газа до и после секции с адсорбентом газоанализаторами «Элан». На первом этапе были проведены поверочные опыты с постоянными значениями:  $m_s=1,25 \text{ гр.}$ ;  $G=0,59 \text{ м}^3/\text{мин}$ ;  $V_e = 0,0025 \text{ м}^3/\text{мин}$ ;  $m_{ad}=5 \text{ гр}$ , а для 5 образца  $m_s=1,25 \text{ гр.}$ ;  $G=0,59 \text{ м}^3/\text{мин}$ ;  $V_e = 0,0018 \text{ м}^3/\text{мин}$ ;  $m_{ad}=5 \text{ гр}$ : без засыпки адсорбента в секцию 6 и установлены значения концентрации  $\text{SO}_2$  в точках отбора (до секции 6 – газоанализатор I, после – газоанализатор II). На рисунке 2 показаны изменения концентраций в трёх независимых измерениях по времени.

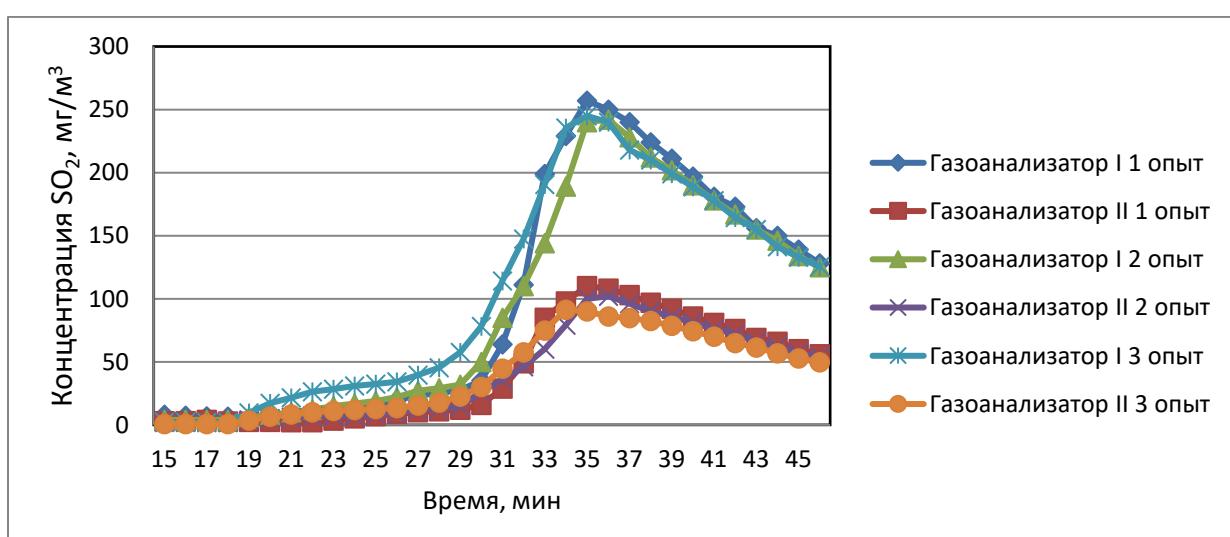


Рис. 2. Концентрация  $\text{SO}_2$  в точках отбора.

С 19 минуты можно наблюдать увеличение концентрации  $\text{SO}_2$  в составе газа, что означает начало процесса горения серы, далее происходит рост концентрации  $\text{SO}_2$  до максимального значения, наблюдаемого на 34 минуте для 1-4 экспериментов. В целом можно констатировать повторяемость значений концентраций  $\text{SO}_2$  в точках отбора 1 и 2 в независимых экспериментах (рис.2), поэтому усредненные значения разницы показаний газоанализаторов 1 и 2 (синяя линия на рисунке 3) являются реперными для определения адсорбционной активности в последующих экспериментах с засыпкой адсорбента в секцию 6 (рисунок 1), при сохранении значений  $m_s$ ,  $G$ ,  $V_b$ ,  $m_{ad}$  поверочных опытов. На рисунке 3 представлено изменение разницы концентраций  $\text{SO}_2$  в составе газа до секции с адсорбентом и после её прохождения (черная линия) и средние значения разницы концентраций в поверочных опытах (синяя линия). С 28 минуты наблюдается увеличение разницы концентраций  $\text{SO}_2$  в составе газа до секции с адсорбентом и после её прохождения относительно значений полученных в поверочных опытах, при этом абсолютные значения концентраций  $\text{SO}_2$  в составе газа до секции с адсорбентом во всех случаях находятся на одном уровне в зависимости от продолжительности процесса. В этой связи можно полагать, что площадь, заключенная между линиями на рисунке 3 с 28 по 34 минуты, характеризует адсорбционную активность образцов.

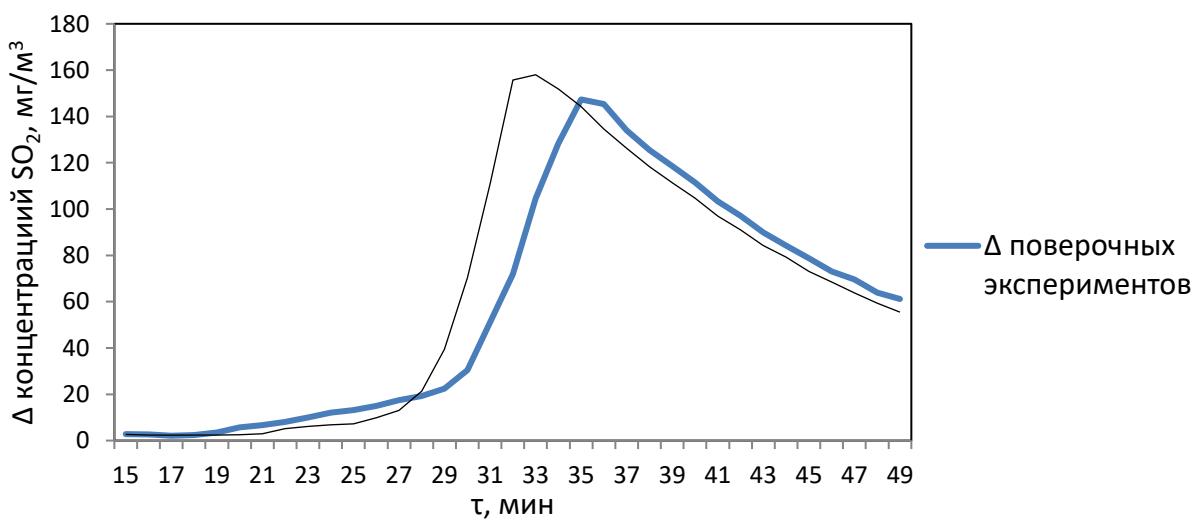


Рис.3. Изменение разницы концентраций  $\text{SO}_2$  в составе газа.

Для 5 образца увеличение концентрации  $\text{SO}_2$  в составе газа можно наблюдать также с 19 минуты, что означает начало горения. Рост концентрации  $\text{SO}_2$  происходит до 33 минуты. С 29 минуты можно наблюдать увеличение разницы концентраций  $\text{SO}_2$  в составе газа до секции с адсорбентом и после неё. Таким образом, площадь, которая заключена между линиями на рисунке 4 с 29 по 38 минуты характеризует адсорбционную активность образца СЛ.

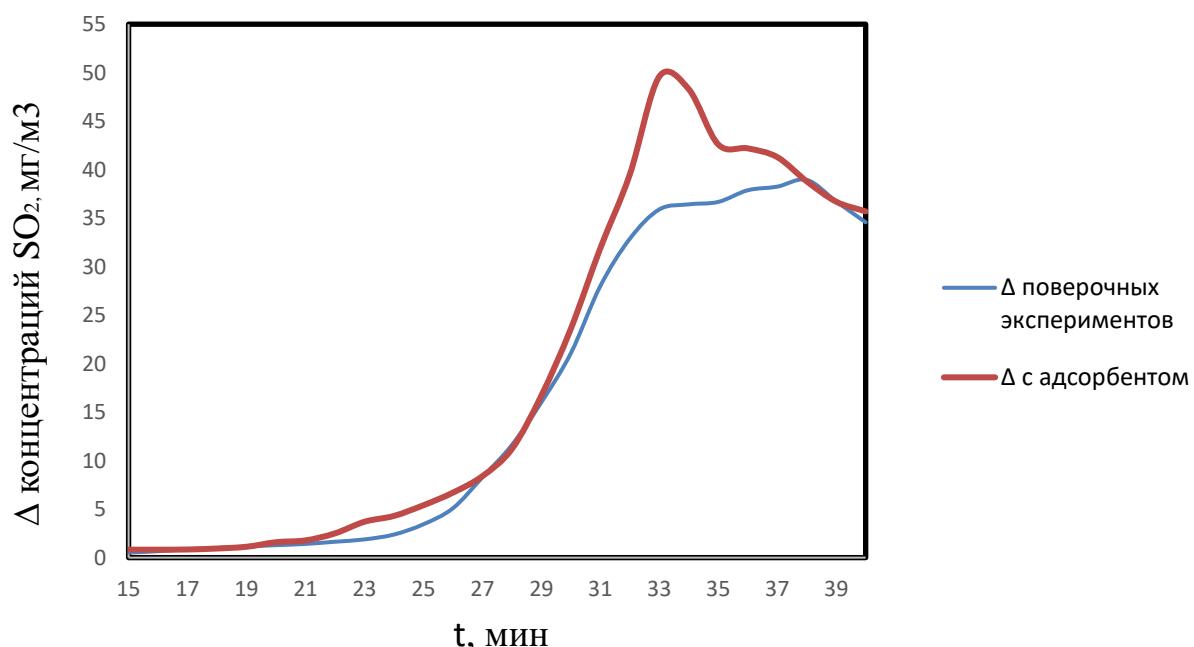


Рис.4. Изменение разницы концентраций  $\text{SO}_2$  в составе газа.

Для определения адсорбционной активности образцов с 1 по 4 и 5 были рассчитаны площади фигур, которые с учетом размерности осей эквивалентно общей поглощённой концентрации равны  $X_{1-4} = 224,2 \text{ мг/м}^3$ ;  $X_5 = 46,185 \text{ мг/м}^3$ . Далее была определена адсорбционная активность адсорбентов:

$$x_{\text{SO}_2} = \frac{X * G * \tau}{m_{ad}} = \frac{224,2 * 0,59 * 6}{5} = 159,78 \text{ мг/м}^3;$$

$$x_{\text{SO}_2} = \frac{X * G * \tau}{m_{ad}} = \frac{46,185 * 0,59 * 9}{5} = 49,05 \text{ мг/м}^3$$

После серии проведенных опытов и расчетов можно сделать вывод о том, что образцы действительно обладают сорбционной способностью и способны адсорбировать  $\text{SO}_2$ . Несмотря на то, что у образца СЛ величина удельной поверхности намного больше, его сорбционная способность практически в 3 раза меньше остальных образцов.

### Список литературы

1. О влиянии на атмосферу предприятий теплоэнергетического комплекса/ [Электронный ресурс] // baikalhangkai :[сайт]. — URL: <https://baikalhangkai-ru.turbopages.org/baikalhangkai.ru/s/problemy/vliyanie-na-okruzhayushchuyu-sredu-tec.html> (дата обращения: 21.03.2023).
2. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества: Справочник. – 4-е изд., перарб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. – 701 с.:ил.