

## **АНАЛИЗ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ СИЛИКАГЕЛЯ**

**Турсунов Х.Б, Гелдиев Ю.А.**

**Термезский государственный университет**

[хуршиднуртурсунов@gmail.com](mailto:хуршиднуртурсунов@gmail.com)

**Аннотация:** Сегодня с ростом промышленного производства в мире увеличивается и количество углекислого газа в атмосфере. Чтобы предотвратить вызванные этим глобальные изменения климата, проводятся исследования по определению количества газов в воздухе, контролю их количества и очистке атмосферы от ядовитых газов. В то же время возникает необходимость разработки быстрых, селективных, высокоточных методов связывания углекислого газа, образующегося в промышленных химических процессах, с использованием твердых сорбентов и определения количества токсичных газов в атмосфере. Для этой цели важно использовать модифицированные силикагели в качестве твердых сорбентов, позволяющих очищать воздух от ядовитых газов.

Ключевые слова: сорбент, модификатор, СМЕА, СГЭК,  $\text{CO}_2$ , Сорбционная способность.

**Входить.** Сегодня с ростом промышленного производства в мире увеличивается и количество углекислого газа в атмосфере. Чтобы предотвратить вызванные этим глобальные изменения климата, проводятся исследования по определению количества газов в воздухе, контролю их количества и очистке атмосферы от ядовитых газов. В то же время возникает необходимость разработки быстрых, селективных, высокоточных методов связывания углекислого газа, образующегося в промышленных химических процессах, с использованием твердых сорбентов и определения количества токсичных газов в атмосфере. Для этой цели важно использовать модифицированные силикагели в качестве твердых сорбентов, позволяющих очищать воздух от ядовитых газов.

**Экспериментальная часть и анализ результатов:** Термогравиметрическим методом изучены сорбционные свойства модифицированных сорбентов при нормальном атмосферном давлении. В сущности этого метода определяется изменение массы сорбентов в среде различных газов за счет повышения температуры. Термогравиметрический анализ проводили на приборе Shimadzu TG600 производства Японии.

На первом этапе образцы нагревают до  $110^\circ\text{C}$  в атмосфере аргона в алюминиевом тигле. Расход газа 100 мл/мин. Выдерживая его при этой



температуре в течение 30 минут, из состава сорбента были удалены остатки растворителя, поглощенные атмосферные газы и влага.

На втором этапе температуру снижают до необходимого уровня для измерения сорбционной емкости. Затем вводили газообразный диоксид углерода со скоростью 100 мл/мин. В процессе проводятся термогравиметрические и дифференциально-термические измерения. Максимальную сорбционную емкость при соответствующей температуре определяют по изменению массы по отношению к исходной массе.

На третьем этапе сорбент снова нагревают со скоростью 10°C/мин в токе аргона 100 мл/мин и доводят до 100°C. Процесс десорбции исследуют по изменению массы. Нагревают при 110°C в течение 30 мин в атмосфере аргона до окончания десорбции. Дальнейшие измерения проводятся в таком порядке.

Цикл сорбция/десорбция повторяется 5-6 раз. Эти результаты очень важны для оценки изменения эффективности сорбента с увеличением циклов на практике.

В конце работы для каждого сорбента изучают максимальную и среднюю скорости сорбции, максимальную сорбционную емкость, максимальную и среднюю скорости десорбции при 30°C, 50°C и 80°C.

Максимальная скорость сорбции выбирается из 1-минутного интервала с наибольшим приростом массы и рассчитывается по следующему уравнению:

$$v_{max} = \frac{m_1 - m}{m_1}$$

Здесь  $v_{max}$  – максимальная скорость сорбции,  $m$  – начальная масса сорбента в мг,  $m_1$  – максимальная масса в момент, когда масса изменяется наиболее быстро.

Среднюю скорость сорбции определяли по следующему уравнению для интервала времени, в течение которого было завершено более 90 % процесса набора массы по сравнению с окончанием процесса:

$$v_{орт} = \frac{m_2}{(m_2 - m) \cdot t}$$

Здесь  $v_{средняя}$  — максимальная скорость сорбции,  $m$  — исходная масса сорбента, мг,  $m_2$  — масса сорбента в конце процесса сорбции, мг,  $t$  — время, прошедшее до завершения процесса, мин.

Сложность процесса десорбции в том, что он начинается сразу с газообмена. Это может иметь некоторые недостатки времени.



Таким же образом исследуют скорость десорбции. При этом максимальный процесс десорбции определяют по минутному интервалу, в течение которого уменьшение массы максимально, а средний показатель десорбции определяют по времени, затраченному после того, как масса остается неизменной в конце процесса.

$$v'_{max} = \frac{m_1}{m_2 - m_3}$$

Здесь  $v'_{max}$  – максимальная скорость десорбции,  $m$  – начальная масса сорбента в мг,  $m_1$  – максимальная масса в момент, когда масса изменяется наиболее быстро, в мг.

$$v'_{орт} = \frac{m_2}{(m_2 - m) \cdot t}$$

Здесь  $v'_{средняя}$  – максимальная скорость сорбции,  $m$  – исходная масса сорбента, мг,  $m_2$  – масса сорбента в конце процесса сорбции, мг,  $t$  – время, прошедшее до завершения процесса, мин.

С помощью этого метода можно также исследовать сорбционные емкости сорбентов при различных температурах. В этом случае максимальная сорбционная емкость рассчитывается по следующей формуле:

$$SS_{max} = \frac{m_2 - m}{m} \cdot 100\%$$

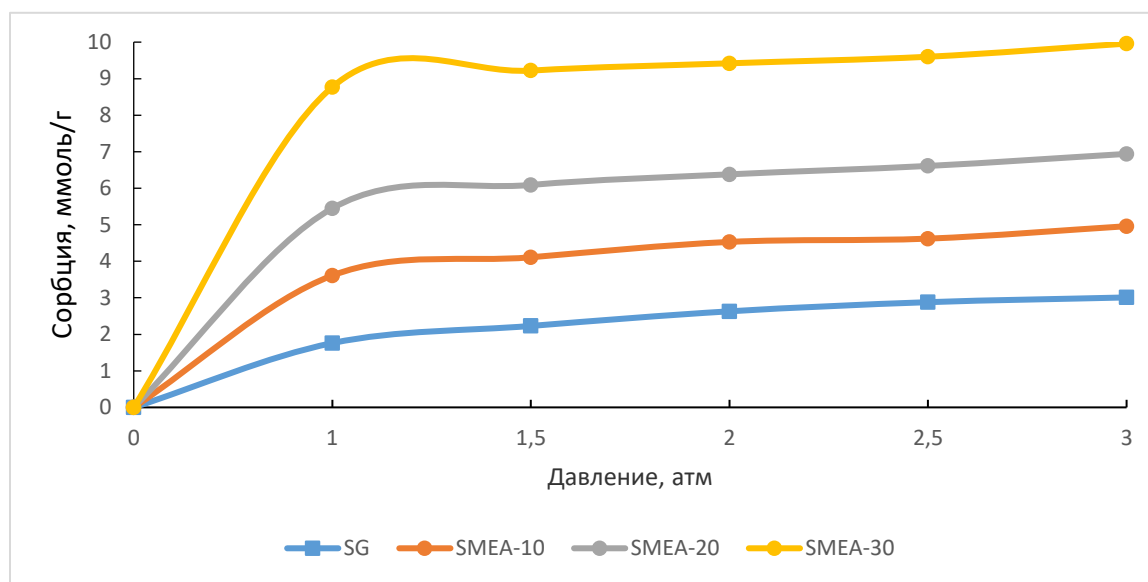
Здесь  $SS_{max}$  – максимальная сорбционная емкость,  $m_2$  – масса сорбента в конце процесса,  $m$  – исходная масса сорбента.

Сорбенты, модифицированные органическими аминспиртами. На основании изучения сорбции углекислого газа при высоких давлениях установлено, что сорбция газа увеличивается с ростом давления. Однако из-за недостатков прибора получить очень точные результаты не удалось.

Полученные результаты представлены на рис. 1. Из рисунка видно, что уровень сорбции модифицированных силикагелей при высоких давлениях в несколько раз выше, чем у немодифицированных силикагелей.

Сорбцию оксида углерода(IV) образцами, модифицированными моноэтаноламином, проводили при давлении 1-3 атм.





**Рисунок 1. Изотерма сорбции  $\text{CO}_2$  модифицированными силикагелями, содержащими СМЕА-10.**

Как видно из рисунка выше, сорбенты, модифицированные моноэтаноламином, поглощают на 10-15 % больше оксида углерода(IV), чем немодифицированные сорбенты. Но при более высоких давлениях сорбционные свойства меняются мало. С повышением температуры сорбционная емкость обоих сорбентов снижается. Выше  $110^\circ\text{C}$  сорбционная емкость обоих сорбентов практически исчезает.

#### Использованная литература:

1. Баркер Р. Обратимость реакции  $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{CaO} + \text{CO}_2$  // J. Appl. хим. Биотехнолог. 2007. Том. 23, № 10. С. 733–742.
2. Xia X., Zhang L., Li ZYX, Ma Ch., Song Zh., Chen G. Извлечение CaO из  $\text{CaSO}_4$  путем восстановительного разложения CO в различных атмосферах // J. Environ. Управлять. 2022. Том. 301. С. 33–38.
3. Окенсон В.Г., Катлер И.Б. Влияние давления  $\text{CO}_2$  на реакцию с CaO // J. Am. Я надеюсь. соц. 1979. Том. 62, № 11–12. С. 556–558.
4. Philipp R., Fujimoto K. FTIR-спектроскопическое исследование адсорбции/десорбции диоксида углерода на катализаторах из магнезии/оксида кальция // J.Phys.Chem. 1992. Том. 96, № 22. С. 9035–9038.
5. Фэн Б., Ан Х., Тан Э. Скрининг материалов, поглощающих  $\text{CO}_2$ , для систем производства электроэнергии с нулевым уровнем выбросов // Энергия и





топливо. 2007. Том. 21, № 2. С. 426–434.

6. Като М., Йошикава С., Накагава К. Абсорбция углекислого газа ортосиликатом лития в широком диапазоне температур и концентраций углекислого газа // Журн. мат. науч. лат. 2002. Том. 21, № 6. С. 485–487.

7. Ida J. ichi, Xiong R., Lin YS Синтез и сорбционные свойства CO<sub>2</sub> чистого и модифицированного цирконата лития // Ser. Очист. Технол. 2004. Том. 36, № 1. С. 41–51.

8. Yong Z., Rodrigues AE Гидроталькитоподобные соединения как адсорбенты углекислого газа // Energy Convers. Вот и все. 2002. Том. 43, № 14. С. 1865–1876.

9. Ву Й.Дж., Ли П., Ю Дж.Г., Кунья А.Ф., Родригес А.Е. Прогресс в сорбционно-усиленном реакционном процессе для производства водорода // Обзоры в химической инженерии. 2016. Том. 32, № 3. С. 271–303.

10. Khatri RA, Chuang SC, Soong Y., Gray M. Улавливание углекислого газа SBA-15 с привитым диамином: комбинированное инфракрасное и масс-спектрометрическое исследование с преобразованием Фурье // Ind. Большинство. хим. Рез. 2005. Том. 44, № 10. С. 3702–3708.

