

# ОХРАНА ОКУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

---

---

УДК 697.94: 66.074.7

МРНТИ 31.15.28

**К. Досумов**, д.х.н., **Д. Х. Чурина**, к.х.н., **Б. Н. Кенесов**, к.х.н.,  
**Н. Х. Байматова**, **А. Б. Майлина**

Центр физико-химических методов исследования и анализа  
Казахского национального университета им. аль-Фараби

## АДСОРБЦИОННЫЕ ЕМКОСТИ АКТИВИРОВАННЫХ ШУНГИТОВ И САКСАУЛЬНОГО УГЛЯ ПО КСИЛОЛУ

---

---

Изучена адсорбция ксилола в динамических условиях на шунгите с различным содержанием углерода при различных технологических условиях. Найдены значения максимальной адсорбционной емкости по ксилолу для активированных шунгитов и саксаульного угля. Наилучшим сорбентом ксилола среди активированных шунгитов является шунгит с содержанием в своем составе 70% углерода.

**Ключевые слова:** адсорбция, шунгит, углерод, о-ксилол, адсорбционная емкость, сорбент.



Түрлі технологиялық жағдайларда әр түрлі құрамды көміртегілі шунгиттегі динамикалық жағдайда ксилолдың адсорбциясы зерттелді. Белсендірілген шунгиттер мен сексеуіл көмірі үшін ксилол бойынша максималды адсорбциялық сымдылығының маңызы табылды. Белсендірілген шунгиттердің арасында ең жақсы ксилол сорбенті, құрамында 70% көміртегісі бар шунгит болып табылады.

**Түйінді сөздер:** адсорбция, шунгит, көміртек, о-ксилол, адсорбциялық сымдылық, сорбент.



The adsorption of xylene under dynamic conditions on shungit with different carbon content under different processing conditions is studied. The values of the maximum adsorption capacity of xylene were defined for the activated

shungites and saxaul coal. The best sorbent of xylene among the activated shungites is shungit containing 70% carbon.

**Key words:** adsorption, shungite, carbon, o-xylene, adsorption capacity, sorbent.

Органические продукты неполного сгорания, содержащиеся в выбросных газах промышленных предприятий, представляют угрозу для экологии и здоровья [1], поэтому в последние годы все большее внимание уделяется исследованиям по очистке и обезвреживанию следов органических растворителей в отходящем газе. К доступным технологиям обезвреживания относятся термическое сжигание, каталитическое глубокое окисление, адсорбция и абсорбция. Наиболее эффективными из них являются адсорбция и каталитическое сжигание, поскольку они имеют преимущество полного обезвреживания органики. Разработка высокоэффективных адсорбентов и катализаторов очень важна для химических технологий, обеспечивающих получение полезных продуктов и помогающих поддерживать здоровую экологию [2].

Все токсичные выбросы ощутимы не только в региональном, но и в глобальном масштабе вследствие их безграничной воздушной миграции. В Казахстане очистка промышленных газовых выбросов остается нерешенной задачей.

Адсорбционные и каталитические методы газоочистки нераздельно связаны, поскольку традиционные адсорбенты, как активированный уголь и цеолиты, служат активными катализаторами для многих химических реакций. Адсорбционно-каталитическая очистка газов на адсорбентах-катализаторах перспективна вследствие высокой эффективности очистки от примесей и возможности очищать большие объемы газов, содержащих малые доли примесей. Адсорбционно-каталитические методы применяют для очистки промышленных выбросов от паров растворителей, диоксида серы, серо-, хлорорганических соединений и др.

Анализ литературных данных [3-5] показал, что выбор адсорбентов-катализаторов весьма ограничен и необходимо проведение исследований по усовершенствованию и повышению их термо-, влагуостойчивости, механической прочности. Актуальным является также изучение влияния природы органических соединений на сорбционные характеристики и механизм последующего окисления адсорбентов.

В настоящей работе исследовано влияние температуры, объемной скорости и концентрации о-ксилола в реакционной смеси на адсорбционную емкость композиционных материалов на основе активированного шунгита с различным содержанием углерода и саксаульного угля в динамических условиях (рис. 1).

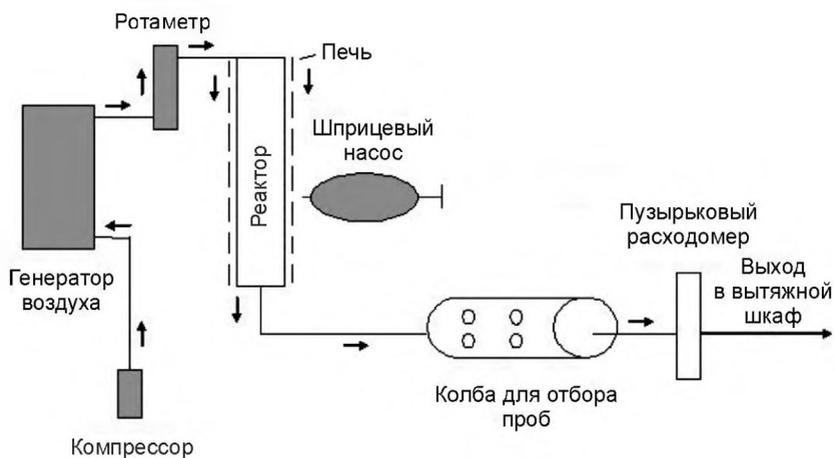


Рис. 1. Схема установки для генерации воздуха с заданной концентрацией ксилола.

Установка состоит из компрессора (Parker Balston), генератора чистого воздуха (Parker Balston), регулятора давления (Swagelok, США), шприцевого насоса KDS 100 (KD Scientific, США) с тройником (Swagelok, США), колбы для усреднения концентрации аналита объемом 250 мл с тефлоновыми кранами и портом для отбора

проб (Supelco, США), модифицированной вials для отбора проб (CTC Analytics AG, Швейцария) с соединителями для подвода и отвода газа, калиброванного пузырькового расходомера.

Анализируемую пробу отбирали из вials объемом 20 мл при помощи автосамплера Combi-PAL (CTC Analytics AG, Швейцария), установленного на газовый хроматограф с масс-спектрометрическим детектором Agilent 7890A/5975С. Продолжительность одного анализа составила 2,5 мин., а время между последовательными анализами – 3 мин. Детектирование проводили в режиме мониторинга выбранных ионов с  $m/z$  106 для селективного детектирования ксилола. Испытания выполняли в следующей последовательности:

- продувка системы воздухом, проверка чистоты подаваемого воздуха;
- установление постоянной скорости воздуха в системе;
- включение шприцевого насоса, активация процесса подачи о-ксилола;
- начало непрерывного определения отклика о-ксилола в газе (1 анализ за 3 мин.), проходящем через вialу, уравнивание системы;
- подключение реактора с адсорбентом в ток воздуха, замер скорости подачи воздуха на выходе из реактора, продолжение регистрации хроматограмм и отклика о-ксилола, построение зависимости отклика о-ксилола от времени;
- анализ полученных данных.

Необходимую скорость подачи о-ксилола ( $U_{\kappa}$ , мкл/ч) рассчитывали по формуле (1):

$$U_{\kappa} = \frac{C_{\kappa} \times R}{\rho}, \quad (1)$$

где  $C_{\kappa}$  – желаемая концентрация ксилола в воздухе, мг/м<sup>3</sup>;  
 $R$  – объемная скорость подачи воздуха, м<sup>3</sup>/ч;  
 $\rho$  – плотность ксилола, г/мл.

Концентрацию о-ксилола в воздухе определяли по заранее полученной градуировочной зависимости  $S=f(m)$ , где  $m$  – масса ксилола, введенного в колонку  $m$ , рассчитывали по формуле (2):

$$m = \frac{C \times V}{S}, \quad (2)$$

где  $C$  – концентрация о-ксилола в растворе, нг/мл;

$V$  – объем вводимой пробы, мл;

$S$  – деление потока.

Перед испытанием сорбенты регенерировали в сушильном шкафу при 200 °С в течение 3 ч. Определение адсорбционной емкости адсорбента проводилось пропусканием через него смеси воздуха с ксилолом и измерением концентрации на выходе в токе после адсорбента. Эксперимент проводился в течение промежутка времени, необходимого для насыщения адсорбента и установления равновесия в системе. На рис. 2 и 3 приведены типичные выходные кривые адсорбции о-ксилола для сорбентов. Адсорбционная емкость сорбента вычислялась из расчета полученных пиков с учетом фактора чувствительности.

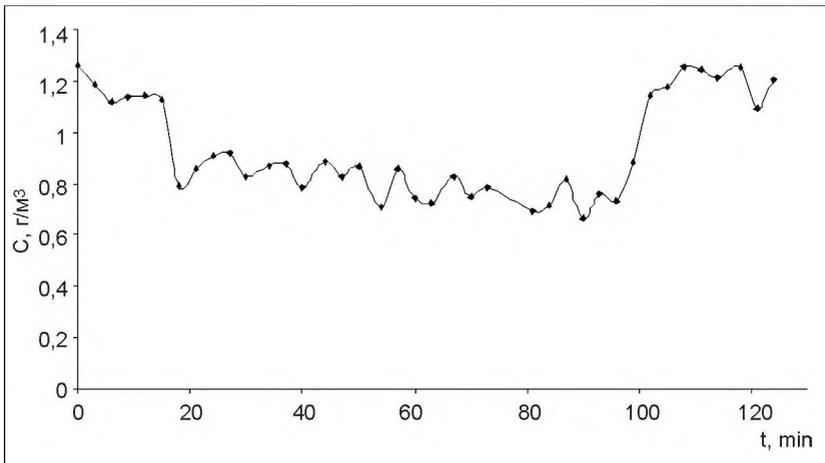


Рис. 2. Выходная кривая адсорбции о-ксилола сорбентом шунгитом, содержащим 11% углерода

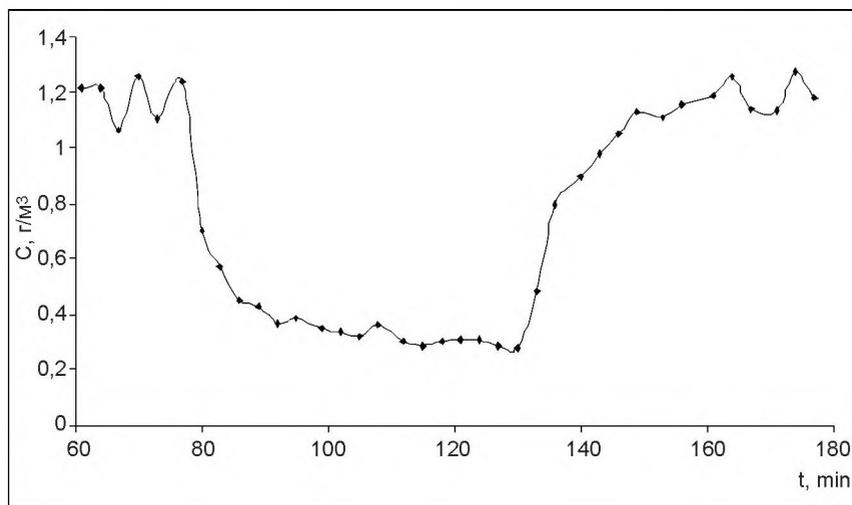


Рис. 3. Выходная кривая адсорбции о-ксилола сорбентом шунгитом, содержащим 23 % углерода.

Результаты полученной адсорбционной емкости приведены ниже (таблица).

**Адсорбционная емкость исследуемых сорбентов по ксилолу**

Название сорбента	Адсорбционная емкость сорбента, мг/г
Шунгит, 4 % углерода	0,1
Шунгит, 11 % углерода	18,0
Шунгит, 23 % углерода	41,0
Шунгит, 50 % углерода	261,6
Шунгит, 70 % углерода	449,7
Саксаульный уголь	554,3

Установлено, что по мере увеличения содержания углерода в шунгите от 11 до 23% адсорбционная емкость его повышается от 18,0 до 41,0 мг ксилола на 1 г (мг/г) шунгита. При увеличении

содержания углерода в шунгите до 50 и 70 % его адсорбционная емкость достигает 261,6 и 449,7 мг/г соответственно. Максимальная равновесная емкость (554,3 мг/г) обнаружена на саксаульном угле. Величины равновесной емкости располагаются в зависимости от процентного содержания углерода в ряду:

саксаульный уголь > 70 > 50 > 23 > 11 > 4%.

Дальнейшее исследование влияния объемной скорости, температуры и концентрации о-ксилола в реакционной смеси на адсорбционную емкость композиционных материалов проводилось на основе активированного шунгита с 70%-ным содержанием углерода в динамических условиях. Снижение объемной скорости потока от 12 до 5 тыс. ч<sup>-1</sup> увеличивает время (эксплуатации сорбента) защитного действия в пределах 40-185 мин. Однако величина равновесной адсорбционной емкости во всех указанных условиях остается постоянной и составляет 449,7 мг/г сорбента. При объемной скорости 5 тыс. ч<sup>-1</sup> были проведены испытания сорбции о-ксилола при повышении температуры адсорбции от 20 до 200 °С. Полученные результаты свидетельствуют о том, что повышение температуры адсорбции до 100 °С резко снижает адсорбционную емкость активированного шунгита до 44,9 мг/г. При температуре 200 °С адсорбции ксилола не происходит.

Исследование динамики адсорбции о-ксилола из воздушной смеси показало, что увеличение концентрации ксилола в реакционной смеси от 300 до 500 мг/м<sup>3</sup> приводит к снижению времени насыщения шунгита ксилолом в 1,7 раза при сохранении равновесной адсорбционной емкости активированного шунгита с 70%-ным содержанием углерода.

Таким образом, определена адсорбционная емкость композиционных материалов по ксилолу в динамических условиях на шунгите с различным содержанием углерода. Установлено, что наилучшим сорбентом ксилола среди активированных шунгитов является образец, содержащий в своем составе 70% углерода

(обменная емкость по ксилолу 449,7 мг/г). Максимальное значение данной характеристики (554,3 мг/г) получено при использовании саксаульного угля. Следует отметить, что величина равновесной адсорбционной емкости саксаульного угля и активированного шунгита с 70%-ным содержанием углерода удовлетворяет требованиям, предъявляемым к сорбентам.

### Литература

1 *Ming-Yen Wey, Wen-Yi Yang and Hsing-Chung Huang, Jyh-Cherng Chen* Catalytic Oxidation of Organic Compounds in Incineration Flue Gas by a Commercial Palladium Catalyst // *Journal of the Air & Waste Management Association*. – 2002. – Vol. 52. – P.198-207.

2 *Misono M.* A view on the future of mixed oxide catalysts. The case of heteropolyacids (polyoxometalates) and perovskites // *Catalysis Today*. – 2005. – № 100. – P. 95-100.

3 *Керженцев М. А., Рогов В. А., Кириченко О. А.* Исследование адсорбционных характеристик нанесенных оксидных катализаторов по отношению к органическим соединениям, присутствующим в газовых выбросах // *Дисперсные системы в природоохранных технологиях*. – Минск, 1991. – С.48-59.

4 *Fair'en-Jim'enez D., Carrasco-Mar'in F. and Moreno-Castilla C.* Adsorption of Benzene, Toluene, and Xylenes on Monolithic Carbon Aerogels from Dry Air Flows // *American Chemical Society, Langmuir*. – 2007. – Vol. 23. – P. 10095-10101.

5 *Марголис Л. Я.* Окисление углеводородов на гетерогенных катализаторах. – М.: «Химия», 1977. – 302 с.