

**Д.С. Гуров, А.В. Даровских, А.Г. Миков, В.И. Скудаев**

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

## **ИК-СПЕКТР ПРОДУКТОВ ОЗОНИРОВАНИЯ БЕНЗОЛА**

*Методом ИК-спектроскопии исследован процесс озонирования бензола. Обнаружено появление новых полос поглощения, отнесенных к колебаниям по связям С–Н и С=О в продуктах озонирования. Наблюдалось образование нерастворимых озонидов бензола. Высказаны предположения о возможных направлениях процесса.*

Ароматические углеводороды, одним из которых является бензол, служат сырьем для производства различных материалов, пластических масс, красителей, медикаментов, средств защиты растений, в производстве взрывчатых веществ, фармацевтических препаратов и др. В то же время бензол и его производные присутствуют как вредные компоненты в отходах предприятий, производящих эти материалы. Реакция бензола с озоном представляет интерес как в целях получения продуктов его озонирования, так и с целью обезвреживания отходов.

Известно, что озон устойчив к действию таких окислителей, как  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{OsO}_4$  и др. [1]. При взаимодействии с озоном образуются озониды, которые в присутствии воды на цинковом катализаторе распадаются до глиоксаля [2]. Процесс окисления углеводородов в жидкой фазе протекает по цепному механизму с образованием на начальной стадии гидроперекисей [3]. Опубликована работа по исследованию влияния озонирования на изменение компонентного состава каменноугольного сырого бензола с содержанием бензола около 30 % [4], из которой, однако, не ясно, что при этом происходит с самим бензолом.

Озонирование бензола проводили в реакторе барботажного типа. В стеклянный реактор диаметром 20 мм заливали 30 мл бензола, озон получали в озонаторе, через который пропускали кислород. Объемная скорость подачи озонкислородной смеси составляла 100 мл/мин при концентрации озона 1,5 % (0,61 моль/м<sup>3</sup>). Процесс проводили при температуре 25 °С, пробы продуктов отбирали с помощью шприца и растворяли в тетрахлориде углерода в соотношении 5 мл пробы на 100 мл раствори-

теля. Раствор пробы помещали в кювету для жидкости с окнами КВг с постоянной толщиной слоя жидкости 0,171 мм и снимали ИК-спектр.

По окончании процесса на поверхности раствора и на стенках реактора обнаружен осадок светло-желтого цвета, который является, по-видимому, смесью озонидов бензола.

На рисунке приведены спектры бензола до начала озонирования и проб продуктов озонирования.

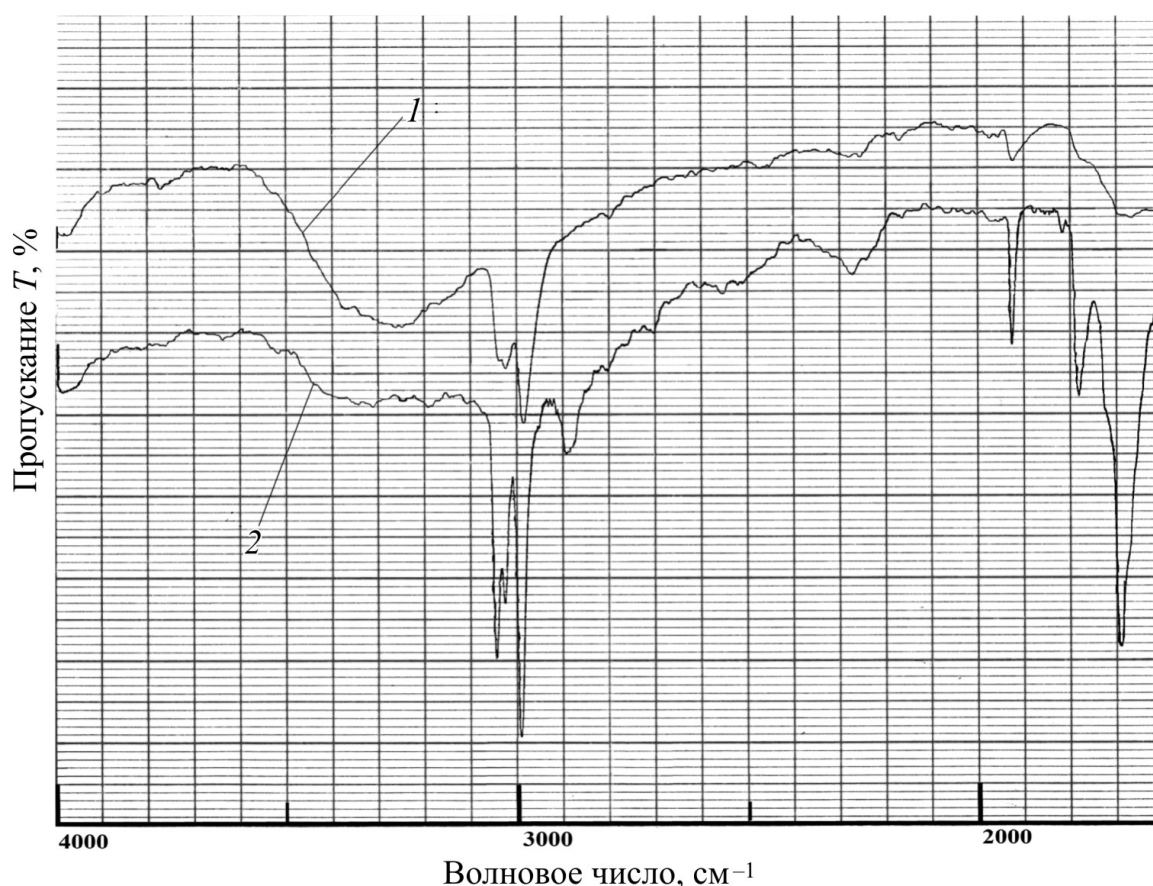
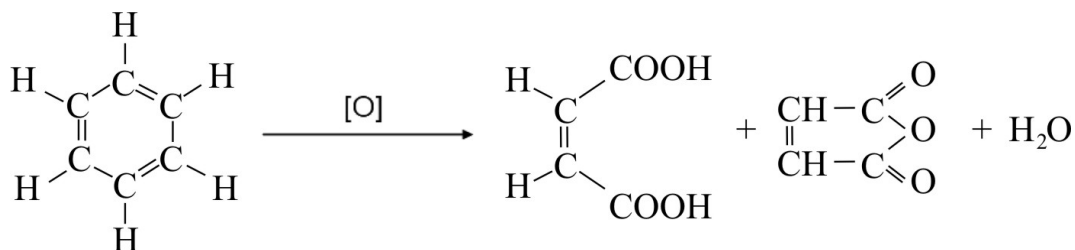


Рис. ИК-спектры раствора бензола и продуктов его озонирования в тетрахлориде углерода. Время озонирования, ч: 1 – 0; 2 – 2

Тетрахлорид углерода в области более  $1550\text{ см}^{-1}$  не поглощает ИК-излучение. Бензол поглощает в области от  $3000$  до  $3050\text{ см}^{-1}$ . В процессе озонирования в спектрах продуктов появляется полоса с волновым числом  $2900\text{ см}^{-1}$ , относительная интенсивность этой полосы по сравнению с полосой бензола  $3000\text{ см}^{-1}$  со временем увеличивается: через 0,5 ч – 0,05, через 1 ч – 0,09, через 1,5 ч – 0,12, через 2 ч – 0,15, через 2,5 ч – 0,16. Согласно литературным данным [5], эта полоса может быть отнесена к колебаниям по связи С–Н либо по связи О–Н в продуктах окисления бензола в группе, не связанной с кольцом. Вто-

рая новая полоса с заметно возрастающей интенсивностью и с волновым числом  $1700 \text{ см}^{-1}$  может быть отнесена к колебаниям по двойной связи  $\text{C}=\text{O}$  в карбонильной или карбоксильной группе. Поэтому в продуктах озонирования бензола можно ожидать наличия смеси карбоновых кислот, ангидридов, альдегидов и кетонов.

В качестве основной схемы процесса взаимодействия бензола с озоном при  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , как и с кислородом при  $400 \text{ }^\circ\text{C}$  на катализаторе  $\text{V}_2\text{O}_5$ , возможно образование смеси малеиновой кислоты и ее ангидрида:



Проведенное исследование показало, что бензольное кольцо, устойчивое к действию многих окислителей, разрушается озоном при обычных температурах.

### Список литературы

1. Березин Д.Б., Березин Б.Д., Курс современной органической химии. – М.: Высшая школа, 2001. – 768 с.
2. Разумовский С.Д., Заиков Г.Е. Озон и его реакции с органическими соединениями. – М.: Наука, 1974. – 322 с.
3. Эмануэль Н.М., Денисов Е.Т., Майзус З.К. Цепные реакции окисления углеводородов в жидкой фазе. – М.: Наука, 1965. – 280 с.
4. Семенова С.А., Патраков Ю.Ф. Влияние озонирования на изменение компонентного состава каменноугольного сырого бензола // Журн. прикл. химии. – 2007. – Т. 80, вып. 5. – С. 871–875.
5. Йоффе Б.В., Костиков Р.Р., Разин В.В. Физические методы определения строения органических соединений: учеб. пособие для хим. вузов / под ред. Б.В. Йоффе. – М.: Высшая школа, 1984. – 336 с.

Получено 20.06.2012