**Марийский государственный технический университет**

*На правах рукописи*



**ЛАДЫЧУК Дмитрий Владимирович**

**СОРБЦИОННЫЕ И СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
УГЛЕРОДНЫХ АДСОРБЕНТОВ  
02.00.04 - физическая химия**

**ДИССЕРТАЦИЯ на соискание ученой степени кандидата химических наук**

**Научный руководитель: доктор химических наук,**

**профессор Грунин Ю.Б. Научный консультант: кандидат химических наук,**

**доцент Гогелашвили Г.Ш.**

**Йошкар-Ола - 2000**

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ
   1. Структура и физико-химические свойства различных углеродных адсорбентов
      1. Сорбционные, ионообменные и каталитические свойства окисленных

углей 7

* + 1. Структура и свойства активных углей, полученных из металлоподобных

карбидов 13

* + 1. Структура и свойства активных углей, полученных из солеобразных

карбидов 1 б

* + 1. Структура и свойства пористых углеродных материалов из

[технического углерода 17](#bookmark9)

* + 1. [Углеродные микропористые адсорбенты 18](#bookmark10)
    2. [Непористые углеродные адсорбенты 21](#bookmark11)
    3. [Активные угли с однородно-пористой структурой 23](#bookmark12)
  1. Адсорбционные процессы на различных углеродных адсорбентах.
     1. [Адсорбция неорганических веществ на углеродных адсорбентах 24](#bookmark14)
     2. [Адсорбция органических веществ на углеродных адсорбентах 27](#bookmark16)
     3. Адсорбция неорганических и органических веществ на окисленных

углеродных адсорбентах 32

* + 1. Адсорбция неорганических и органических веществ углеродными

адсорбентами из растворов 34

* + 1. [Структура углеродных адсорбентов и состояние адсорбата 40](#bookmark19)
  1. Основы импульсного метода ЯМР и его применимость к анализу

системы углеродный адсорбент-вода 44

* 1. Выводы из обзора литературы и постановка задач экспериментальной

части работы 50

1. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ
   1. Характеристика объектов исследования 53

2.2 Методики подготовки образцов 55

1. Аппаратурный комплекс ЯМР 56
2. [Характеристики импульсных релаксометров ЯМР 56](#bookmark25)
3. [Методики измерения времён ядерной магнитной релаксации 5 8](#bookmark27)
   1. [Погрешности измерений 66](#bookmark30)
4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ
   1. Определение и оценка количества активных центров в углеродных

[адсорбентах 68](#bookmark21)

* 1. Исследование влияния температуры на состояние активной поверхности

углеродных адсорбентов 76

* 1. Установление взаимосвязи между структурными характеристиками углеродных адсорбентов и параметрами ядерной магнитной релаксации 86
  2. [Термодинамика связанной воды в углеродных адсорбентах 99](#bookmark64)
  3. Исследование структуры и сорбционных свойств углеродных

адсорбентов, подвергнутых химическому и термическому воздействиям 106 ВЫВОДЫ 119

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 120](#bookmark98)

ВЫВОДЫ

1. Разработан и предложен способ определения количества адсорбционных центров в углеродных адсорбентах на основе импульсного метода ЯМР. Обнаружена возможность определения ПАЦ в порах размером, соизмеримым с диаметром молекулы воды.
2. С помощью импульсного метода ЯМР исследовано изменение структуры углеродных адсорбентов при температурных воздействиях. Показано, что при 300—400°С происходит практически полная десорбция воды из УА, а при 500°С начинается разрушение поверхностных функциональных групп с выделением СО и С02.
3. Установлена зависимость между параметрами ядерной магнитной релаксации и структурой углеродных адсорбентов. Найдено, что величина времени спин—спиновой релаксации для УА определяется содержанием первичных адсорбционных центров.
4. При определении термодинамических параметров системы углеродный адсорбент—вода установлено, что величины энергии активации, энтальпии и энтропии адсорбции прямопропорциональны количеству первичных адсорбционных центров и обратнопропорциональны радиусу пор.

Термическая и химическая обработка углеродных адсорбентов приводит к изменению их структурных и сорбционных свойств. При увеличении температуры и концентрации NaOH наблюдается рост количества первичных адсорбционных центров, радиусов и объемов пор, возрастает сорбирующая способность углеродных адсорбентов