

УДК 665.61+662.74(075.8)

ББК 35.51я73

ЛЗ4

**Левашова А.И.**

ЛЗ4 Химия природных энергоносителей и углеродных материалов: учебное пособие / А.И. Левашова, Е.Н. Ивашкина, Е.В. Бешагина; Томский политехнический университет. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 132 с.

В пособии рассмотрены вопросы происхождения, классификации, состава, физико-химических свойств и молекулярной структуры природных и синтетических форм свободного углерода и природных энергоносителей – сложных природных углеродсодержащих веществ (углей, торфа, нефти, углеводородных газов). Приведены механизмы основных химических процессов технологии природных энергоносителей и углеродных материалов.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению 240100 «Химическая технология».

УДК 665.61+662.74(075.8)

ББК 35.51я73

*Рецензенты*

Доктор химических наук  
заведующий лабораторией углеводородов нефти ИХН СО РАН  
*А.К. Головки*

Кандидат технических наук  
главный специалист отдела концептуального  
проектирования и технико-экономического  
анализа проектов ОАО «ТомскНИПИнефть»  
*Д.С. Полубоярцев*

*Пособие подготовлено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.В37.21.0825 «Прогнозирование экологических свойств нефтехимических продуктов, полученных при переработке фракции углеводородов C12–C27 в промышленных реакторах, с использованием экспериментальных и квантово-химических методов»*

© Томский политехнический университет, 2003

© Левашова А.И., Ивашкина Е.Н.,  
Бешагина Е.В., 2003

© Оформление. Издательство Томского  
политехнического университета, 2013

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>3</b>
<b>1.УГЛЕРОД И УГЛЕРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ .....</b>	<b>5</b>
1.1. Аллотропные модификации углерода.....	5
1.1.1. Алмаз .....	5
1.1.2. Графит.....	5
1.1.3. Фуллерены.....	7
1.1.4. Карбин .....	8
1.2. Физические свойства углерода.....	8
1.2.1. Механические свойства.....	8
1.2.2. Электропроводность.....	10
1.2.3. Тепловые свойства.....	11
1.3. Химические свойства углерода.....	12
1.3.1. Слоистые соединения.....	12
1.3.2. Карбиды .....	14
1.3.3. Реакция с газами .....	14
1.4. Термодинамика процессов термической деструкции.....	15
1.5. Энергия разрыва связей в органическом веществе .....	17
1.6. Синтез углерода из газовой фазы.....	18
1.7. Синтез углерода из конденсированной фазы.....	18
1.8. Синтез углерода из пеков .....	19
<b>2. ТВЕРДЫЕ ПРИРОДНЫЕ ЭНЕРГОНОСИТЕЛИ .....</b>	<b>23</b>
2.1. Исходный растительный материал.....	24
2.1.1. Белковые (или протеиновые) вещества .....	24
2.1.2. Углеводы .....	26
2.1.3. Липоиды (битумообразователи).....	27
2.1.4. Лигнин .....	28
2.2. Превращение исходного растительного материала в процессе углеобразования.....	30
2.2.1. Элементный состав ТГИ .....	34
2.2.2. Определение теплоты сгорания.....	37
2.2.3. Групповой состав.....	38
2.2.4. Гетероатомы в органической массе углей.....	41
2.2.5. Схема превращения гумитов .....	42
2.3. Структура углей.....	43
2.4. Технический анализ углей.....	46
2.4.1. Определение влажности.....	47
2.4.2. Определение зольности.....	48
2.4.3. Определение выхода летучих веществ .....	48

2.4.4. Определение спекаемости.....	49
2.5. Классификация углей.....	51
<b>3. ХАРАКТЕРИСТИКА НЕФТИ И ПРИРОДНОГО ГАЗА .....</b>	<b>54</b>
3.1. Характеристика природных газов.....	54
3.2. Характеристика нефти .....	58
3.3. Фракционный состав .....	59
3.4. Групповой состав.....	60
3.5. Гетероатомные соединения нефти и природного газа.....	66
3.6. Технологическая характеристика нефти .....	68
3.7. Классификация нефти .....	70
<b>4. ХИМИЗМ И МЕХАНИЗМЫ ОСНОВНЫХ ПРОЦЕССОВ ТЕХНОЛОГИИ ПРИРОДНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ И УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....</b>	<b>73</b>
4.1. Термические процессы.....	73
4.1.1. Термический крекинг и пиролиз углеводородов.....	73
4.1.2. Сажеобразование .....	76
4.1.3. Полукоксование и коксование ТГИ.....	78
4.2. Каталитический крекинг и алкилирование углеводородов.....	88
4.2.1. Каталитический крекинг .....	88
4.2.2. Алкилирование парафинов олефинами .....	90
4.2.3. Алкилирование по ароматическому атому углерода .....	94
4.3. Процессы, связанные с переносом водорода .....	104
4.3.1. Гидрирование .....	104
4.3.2. Риформинг.....	107
4.3.3. Гидрокрекинг нефтяных остатков.....	109
4.3.4. Деструктивно-гидрогенизационная переработка ТГИ.....	109
4.4. Окисление углеродсодержащих веществ .....	114
4.4.1. Выветривание и самовозгорание углей .....	117
4.4.2. Окисление и стабилизация топлив и масел.....	119
4.5. Газификация горючих ископаемых .....	119
4.6. Синтезы на основе оксида углерода и водорода .....	123
4.6.1. Синтез Фишера-Тропша.....	123
4.6.2. Оксосинтез (гидроформирование) .....	127
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>128</b>