



**А.И. Левашова, Е.Н. Ивашкина, Е.М. Юрьев**

# **ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРИРОДНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ**



**ИНСТИТУТ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

---

**А.И. Левашова, Е.Н. Ивашкина, Е.М. Юрьев**

**ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ  
ПРИРОДНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ**

*Рекомендовано в качестве учебного пособия  
Редакционно-издательским советом  
Томского политехнического университета*

Издательство  
Томского политехнического университета  
2014

УДК 665.61(075.8)  
ББК 24.239я73  
ЛЗ4

ЛЗ4

**Левашова А.И.**

Химия и технология природных энергоносителей: учебное пособие / А.И. Левашова, Е.Н. Ивашкина, Е.М. Юрьев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 194 с.

В учебном 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; более подробно рассмотрены принципы математического моделирования процессов алкилирования, исследуемых на кафедре ХТТ. Раздел «Методы расчета физических свойств и состава жидких и газообразных смесей» (в т.ч. с использованием графических методов) необходим для выполнения индивидуальных заданий.

Пособие подготовлено на кафедре химической технологии топлива и предназначено для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению 240100 «Химическая технология».

УДК 665.61(075.8)  
ББК 24.239я73

*Рецензенты*

Доктор химических наук,  
заведующий лабораторией каталитической переработки  
легких углеводородов ИХН СО РАН  
*А.В. Восмериков*

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

© ФГАОУВО НИ ТПУ, 2014  
© Левашова А.П., Ивашкина Е.Н.,  
Юрьев Е.М., 2014  
© Оформление. Издательство Томского  
политехнического университета, 2014

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>6</b>
<b>1. УГЛЕРОД И УГЛЕРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ</b> .....	<b>8</b>
<b>1.1. Аллотропные модификации углерода</b> .....	<b>8</b>
1.1.1. Алмаз.....	8
1.1.2. Графит.....	8
1.1.3. Фуллерены.....	10
1.1.4. Карбин.....	11
<b>1.2. Физические свойства углерода</b> .....	<b>11</b>
1.2.1. Механические свойства.....	11
1.2.2. Электропроводность.....	14
1.2.3. Тепловые свойства.....	14
<b>1.3. Химические свойства углерода</b> .....	<b>15</b>
1.3.1. Слоистые соединения.....	16
1.3.2. Карбиды.....	17
1.3.3. Реакция с газами.....	17
<b>1.4. Термодинамика процессов термической деструкции</b> .....	<b>18</b>
<b>1.5. Энергия разрыва связей в органическом веществе</b> .....	<b>20</b>
<b>1.6. Синтез углерода из газовой фазы</b> .....	<b>21</b>
<b>1.7. Синтез углерода из конденсированной фазы</b> .....	<b>21</b>
<b>1.8. Синтез углерода из пеков</b> .....	<b>22</b>
<b>2. ТВЕРДЫЕ ПРИРОДНЫЕ ЭНЕРГОНОСИТЕЛИ</b> .....	<b>26</b>
<b>2.1. Исходный растительный материал</b> .....	<b>27</b>
2.1.1. Белковые (или протеиновые) вещества.....	27
2.1.2. Углеводы.....	29
2.1.3. Липоиды (битумообразователи).....	30
2.1.4. Лигнин.....	32
<b>2.2. Превращение исходного растительного материала     в процессе углеобразования</b> .....	<b>33</b>
2.2.1. Элементный состав ТГИ.....	38
2.2.2. Определение теплоты сгорания.....	40
2.2.3. Групповой состав.....	41
2.2.4. Гетероатомы в органической массе углей.....	44
2.2.5. Схема превращения гумитов.....	45
<b>2.3. Структура углей</b> .....	<b>46</b>

<b>2.4. Технический анализ углей .....</b>	<b>50</b>
2.4.1. Определение влажности .....	50
2.4.2. Определение зольности .....	51
2.4.3. Определение выхода летучих веществ .....	52
2.4.4. Определение спекаемости.....	52
<b>2.5. Классификация углей .....</b>	<b>54</b>
<b>3. ХАРАКТЕРИСТИКА НЕФТИ И ПРИРОДНОГО ГАЗА .....</b>	<b>58</b>
<b>3.1. Характеристика природных газов .....</b>	<b>58</b>
<b>3.2. Характеристика нефти .....</b>	<b>62</b>
<b>3.3. Фракционный состав.....</b>	<b>64</b>
<b>3.4. Групповой состав .....</b>	<b>65</b>
<b>3.5. Гетероатомные соединения нефти и природного газа .....</b>	<b>71</b>
<b>3.6. Технологическая характеристика нефти.....</b>	<b>73</b>
<b>3.7. Классификация нефти .....</b>	<b>75</b>
<b>4. ХИМИЗМ И МЕХАНИЗМЫ ОСНОВНЫХ ПРОЦЕССОВ ТЕХНОЛОГИИ ПРИРОДНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ И УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....</b>	<b>78</b>
<b>4.1. Термические процессы .....</b>	<b>78</b>
4.1.1. Термический крекинг и пиролиз углеводородов .....	78
4.1.2. Сажеобразование .....	82
4.1.3. Полукоксование и коксование ТГИ.....	84
<b>4.2. Каталитический крекинг и алкилирование углеводородов.....</b>	<b>95</b>
4.2.1. Каталитический крекинг .....	95
4.2.2. Алкилирование парафинов олефинами.....	97
4.2.3. Алкилирование по ароматическому атому углерода .....	101
<b>4.3. Процессы, связанные с переносом водорода.....</b>	<b>110</b>
4.3.1. Гидрирование .....	110
4.3.2. Риформинг .....	113
4.3.3. Гидрокрекинг нефтяных остатков .....	115
4.3.4. Деструктивно-гидрогенизационная переработка ТГИ.....	116
<b>4.4. Окисление углеродсодержащих веществ .....</b>	<b>121</b>
4.4.1. Выветривание и самовозгорание углей.....	124
4.4.2. Окисление и стабилизация топлив и масел.....	125
<b>4.5. Газификация горючих ископаемых .....</b>	<b>126</b>
<b>4.6. Синтезы на основе оксида углерода и водорода.....</b>	<b>130</b>
4.6.1. Синтез Фишера – Тропша .....	130
4.6.2. Оксисинтез (гидроформирование) .....	133

<b>5. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И СОСТАВА ЖИДКИХ И ГАЗООБРАЗНЫХ СМЕСЕЙ .....</b>	<b>135</b>
5.1. Характеристические точки кипения нефтяных фракций .....	135
5.2. Характеристический фактор.....	136
5.3. Компонентный состав.....	136
5.4. Плотность.....	139
5.5. Молекулярная масса .....	143
5.6. Вязкость.....	146
5.7. Давление насыщенных паров .....	151
5.8. Критические и приведенные параметры .....	153
5.9. Коэффициент сжимаемости. Фугитивность .....	155
5.10. Тепловые свойства.....	159
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ.....</b>	<b>165</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>190</b>