



Объединение независимых экспертов в области минеральных ресурсов,  
металлургии и химической промышленности

---

# Обзор рынка нефтяного кокса в СНГ

*Издание 17-е,  
дополненное и переработанное*

*Демонстрационная версия*

**Москва  
апрель, 2012**

**СОДЕРЖАНИЕ:**

<b>Аннотация.....</b>	<b>11</b>
<b>Введение .....</b>	<b>12</b>
<b>I. Технология производства нефтяного кокса и используемое в промышленности сырье .....</b>	<b>14</b>
I.1. Сырье для получения нефтяного кокса.....	14
I.2. Способы получения сырого и обожженного нефтяного кокса.....	17
I.3. Классификация получаемого в СНГ сырого кокса по его качеству, стандарты на кокс, действующие в СНГ .....	23
<b>II. Производство в СНГ нефтяного кокса (сырого и обожженного) .....</b>	<b>27</b>
II.1. Выпуск нефтяного кокса в бывшем СССР (до 1991 г.) и странах СНГ в 1996-2011 гг. ....	27
II.2. Состояние основных предприятий-производителей нефтяного кокса в России.....	36
II.2.1. ООО "Лукойл-Волгограднефтепереработка" (Волгоград).....	37
II.2.2. ООО "Лукойл-Пермнефтеоргсинтез" (Пермь).....	45
II.2.3. ОАО "Новокуйбышевский нефтеперерабатывающий завод" (Новокуйбышевск, Самарская обл.) .....	51
II.2.4. ОАО "Ангарская нефтехимическая компания" (Ангарск, Иркутская обл.).....	55
II.2.5. ОАО "Газпром нефть-Омский НПЗ" (Омск).....	59
II.2.6. ОАО "НОВОЙЛ" (Уфа, Республика Башкортостан).....	63
II.2.7. ОАО "Уфанефтехим" (Уфа, Республика Башкортостан) .....	68
II.2.8. ОАО "Роснефть-Комсомольский НПЗ" (Комсомольск-на-Амуре, Хабаровский край).....	70
II.2.9. ОАО "Завод "Сланцы" (Сланцы, Ленинградская обл.).....	72
II.3. Производители нефтяного кокса в других странах СНГ .....	78
II.3.1. ОАО "Нефтехимик Прикарпатья" (Надворня, Ивано-Франковская обл., Украина) ..	81
II.3.2. ОАО "Павлодарский нефтехимический завод" (Павлодар, Казахстан) .....	86
II.3.3. ОАО "Атырауский нефтеперерабатывающий завод" (Атырау, Казахстан).....	91
II.3.4. Туркменбашинский комплекс нефтеперерабатывающих заводов (Туркменистан) ..	96
II.3.5. Бакинский нефтеперерабатывающий завод им. Г. Алиева (Баку, Азербайджан)....	100
II.3.6. ОАО "Ферганский НПЗ" (Фергана, Узбекистан).....	102
<b>III. Экспорт-импорт нефтяного кокса в СНГ .....</b>	<b>104</b>
III.1. Экспорт-импорт нефтяного кокса в России.....	104
III.1.1. Объем экспорта-импорта кокса в РФ в 1996-2011 гг.....	104
III.1.2. Основные направления экспортно-импортных поставок кокса в РФ.....	107
III.2. Экспорт-импорт нефтяного кокса на Украине .....	117
III.3. Экспорт-импорт нефтяного кокса в других странах СНГ .....	121
<b>IV. Обзор цен на нефтяной кокс.....</b>	<b>124</b>
IV.1. Внутренние цены на нефтяной кокс в РФ.....	124
IV.2. Динамика экспортно-импортных цен в РФ .....	127
IV.3. Динамика экспортно-импортных цен на Украине .....	133
IV.4. Прогноз динамики экспортно-импортных цен в РФ до 2020 года.....	136

<b>V. Потребление нефтяного кокса (сырого и обожженного) в СНГ .....</b>	<b>137</b>
V.1. Баланс потребления нефтяного кокса в РФ .....	137
V.2. Структура потребления нефтяного кокса в РФ .....	140
V.3. Баланс потребления нефтяного кокса на Украине .....	143
V.4. Основные области потребления нефтяного кокса.....	145
V.4.1. Производство анодной массы и анодов.....	145
V.4.2. Производство графитированных электродов.....	147
V.4.4. Прочие области применения.....	153
V.5. Основные предприятия- потребители нефтяного кокса, их проекты ..	154
V.5.1. <i>Алюминиевые предприятия СНГ</i> .....	155
ОАО "Красноярский алюминиевый завод" (Красноярск).....	158
ОАО "Братский алюминиевый завод" (Братск, Иркутская обл.) .....	162
ОАО "Саяногорский алюминиевый завод" (Саяногорск, Республика Хакасия).....	165
ОАО "Новокузнецкий алюминиевый завод" (Новокузнецк, Кемеровская обл.).....	168
ОАО "Волгоградский алюминиевый завод" (Волгоград) .....	170
ГУП "Таджикская алюминиевая компания" (TALCO) (г. Турсунзаде, Таджикистан)	
.....	172
V.5.2. <i>Электродные предприятия России и Украины</i> .....	177
ОАО "Новочеркасский электродный завод" (Новочеркасск, Ростовская обл.).....	178
ЗАО "Новосибирский электродный завод" (пос. Линево, Новосибирская обл.).....	183
ОАО "Челябинский электродный завод" (Челябинск) .....	187
ОАО "Челябинский электрометаллургический комбинат" (Челябинск).....	190
ПАО "Укрграфит" (Запорожье, Украина).....	193
<b>VI. Перспективы развития рынка нефтяного кокса в России и странах СНГ до 2020 года.....</b>	<b>197</b>
VI.1. Прогноз объемов производства нефтяного кокса (сырого и прокаленного) в России и странах СНГ до 2020 гг. ....	197
VI.2. Прогноз объемов потребления нефтяного кокса (сырого и прокаленного) в России до 2020 гг. ....	202
VI.3. Баланс производства и потребления нефтяного кокса (сырого и прокаленного) в России до 2020 г. ....	203

**Приложение 1:** Адресная книга производителей нефтяного кокса

**Приложение 2:** Адресная книга потребителей нефтяного кокса

**СПИСОК ТАБЛИЦ:**

Таблица 1: Свойства сырых коксов.....	13
Таблица 2: Технические условия на нефть для нефтеперерабатывающих предприятий (согласно ГОСТ 9965-76) .....	15
Таблица 3: Поставщики нефти на НПЗ, производящие кокс .....	16
Таблица 4: Выход продуктов на установке замедленного коксования, % по массе.....	18
Таблица 5: Основные характеристики типов установок замедленного коксования, применяемых на НПЗ СНГ .....	19
Таблица 6: Мощности по прокаливанию сырого нефтяного кокса на предприятиях СНГ .....	21
Таблица 7: Требования к качеству кокса замедленного коксования (КЗ-8) по ГОСТ 22898-78 .....	24
Таблица 8: Требования к качеству кокса игольчатого замедленного коксования (КЗИ) по ГОСТ 26132-84.....	24
Таблица 9: Требования к качеству кокса нефтяного сернистого замедленного коксования, ТУ 38101525-75.....	25
Таблица 10: Требования к качеству обожженного нефтяного кокса.....	25
Таблица 11: Показатели качества нефтяных коксов, производимых на НПЗ России .....	26
Таблица 12: Производство нефтяного кокса в СНГ по маркам .....	26
Таблица 13: Тип и количество действующих установок замедленного коксования на предприятиях-производителях нефтяного кокса.....	27
Таблица 14: Производство нефтяного кокса в странах СНГ в 1996-2011 гг., тыс. т .....	28
Таблица 15: Объем переработки сырья и выработки нефтяного кокса в России в 2000, 2005, 2006, 2008 и 2009 гг.....	30
Таблица 16: Мощности по производству нефтяного кокса в странах СНГ .....	33
Таблица 17: Производство сырого нефтяного кокса в странах СНГ в 1996-2011 гг., тыс. т.....	34
Таблица 18: Производство обожженного нефтяного кокса в странах СНГ в 1996-2011 гг., тыс. т .....	35
Таблица 19: Потребители нефтяного кокса производства ООО "Лукойл-Волгограднефтепереработка" в 2003-2011 гг., тыс. т.....	44
Таблица 20: Потребители нефтяного кокса производства ООО "Лукойл-Пермнефтеоргсинтез" в 2002-2011 гг., тыс. т.....	47
Таблица 21: Потребители нефтяного кокса производства ОАО "Новокуйбышевский НПЗ" в 2002-2011 гг., тыс. т.....	53
Таблица 22: Потребители нефтяного кокса производства "АНХК" в 2002-2011 гг., тыс. т.....	56
Таблица 23: Потребители нефтяного кокса производства ОАО "Газпром нефть-Омский НПЗ" в 2002-2011 гг., тыс. т .....	61
Таблица 24: Потребители нефтяного кокса производства ОАО "Новоил" в 2002-2011 гг., тыс. т .....	65

Таблица 25: Распределение нефтяного кокса по потребителям в 2008-2011 гг., тыс. т .....	66
Таблица 26: Потребители нефтяного кокса производства ОАО "Уфанефтехим" в 2009-2011 гг., тыс. т.....	69
Таблица 27: Требования к качеству низкосернистого прокаленного нефтяного кокса ОАО "Сланцы" .....	72
Таблица 28: Требования к качеству электродного кокса, прокаленного в камерных печах ОАО "Сланцы" .....	73
Таблица 29: Удельный вес основных видов производства в товарном выпуске на ОАО "Завод "Сланцы", % .....	73
Таблица 30: Поставки сырого кокса на ОАО "Завод "Сланцы" в 2002-2011 гг., тыс. т .....	76
Таблица 31: Основные потребители нефтяного кокса производства ОАО "Сланцы" в 2002-2011 гг., тыс. т.....	77
Таблица 32: Доля экспорта ОАО "Нефтехимик Прикарпатья" в общем объеме производства кокса в 1999-2011 гг. ....	83
Таблица 33: Экспорт сырого кокса Павлодарским НПЗ в 2002-2011 гг., тыс. т .....	88
Таблица 34: Экспорт кокса Атырауским НПЗ в 2002-2011 гг., тыс. т.....	93
Таблица 35: Поставки нефтяного кокса Туркменбашинского КНПЗ на предприятия России и в страны СНГ в 2002-2011 гг., тыс. т .....	99
Таблица 36: Поставки нефтяного кокса Бакинского НПЗ на предприятия России и в другие страны в 2002-2011 гг., тыс. т.....	101
Таблица 37: Объем экспорта-импорта кокса в РФ в 1996-2011 гг., тыс. т.....	106
Таблица 38: Экспорт сырого нефтяного кокса из России в 1996-2011 гг., тыс. т .....	107
Таблица 39: Экспорт сырого нефтяного кокса предприятиями России в 2001-2011 гг. (тыс. т, %) .....	108
Таблица 40: Экспорт прокаленного нефтяного кокса предприятиями России в 2001-2011 гг., тыс. т .....	108
Таблица 41: Страны-потребители российского прокаленного кокса в 1998-2011 гг., тыс. т.....	109
Таблица 42: Импорт сырого нефтяного кокса в РФ в 1996-2011 гг., тыс. т....	111
Таблица 43: Импорт сырого нефтяного кокса по предприятиям в 2002-2011 гг., тыс. т .....	112
Таблица 44: Основные поставщики нефтяного кокса в РФ в 2008-2011 гг., тыс. т .....	113
Таблица 45: Импорт обожженного нефтяного кокса в РФ в 1996-2011 гг., тыс. т .....	114
Таблица 46: Импорт нефтяного обожженного кокса по предприятиям в 2002-2011 гг., тыс. т .....	115
Таблица 47: Объем экспорта-импорта кокса на Украине в 1999-2011 гг., тыс. т .....	118
Таблица 48: Экспорт сырого нефтяного кокса из Украины в 1999-2011 гг., тыс. т .....	118

Таблица 49: Импорт нефтяного кокса на Украину в 1999-2011 гг., тыс. т .....	119
Таблица 50: Украинские потребители импортного нефтяного кокса в 1999-2011 гг., тыс. т .....	120
Таблица 51: Экспорт нефтяного кокса из других стран СНГ в 1997-2011 гг., тыс. т .....	122
Таблица 52: Импортные поставки нефтяного кокса из стран СНГ в Таджикистан, в 2000-2011 гг., тыс. т .....	123
Таблица 53: Внутренние цены на нефтяной кокс по предприятиям, руб./т с учетом НДС .....	124
Таблица 54: Экспортно-импортные цены на сырой нефтяной кокс в России в 1999-2011 гг., \$/т .....	127
Таблица 55: Экспортно-импортные цены на обожженный нефтяной кокс в России в 1999-2011 гг., \$/т .....	127
Таблица 56: Экспортные цены на российский обожженный нефтяной кокс для стран-потребителей в 2004-2011 гг., \$/т .....	128
Таблица 57: Среднеимпортные цены на нефтяной необожженный кокс по предприятиям в 2003-2011 гг., \$/т .....	129
Таблица 58: Среднеимпортные цены на нефтяной обожженный кокс для основных потребителей в 2003-2011 гг., \$/т .....	131
Таблица 59: Среднеимпортные цены на кокс, поставляемый на Украину различными странами в 2003-2011 гг., \$/т .....	133
Таблица 60: Среднеэкспортные цены на украинский сырой кокс для стран-потребителей в 2003-2011 гг., \$/т .....	135
Таблица 61: Среднеимпортные цены для украинских потребителей нефтяного кокса в 2003-2011 гг., \$/т .....	135
Таблица 62: Внутреннее потребление нефтяного кокса в России в 1996-2011 гг., тыс. т .....	138
Таблица 63: Структура потребления нефтяного кокса в СССР (1990-1991), % .....	140
Таблица 64: Структура потребления нефтяного кокса в России в 2002-2011 гг., % .....	141
Таблица 65: Внутреннее потребление нефтяного кокса на Украине в 1999-2011 гг., тыс. т .....	143
Таблица 66: Требования к анодным обожженным блокам .....	145
Таблица 67: Требования к анодной массе .....	145
Таблица 68: Схема поставок нефтяного кокса основным потребителям в СНГ в 2011 году .....	154
Таблица 69: Прокалка нефтяного кокса на алюминиевых предприятиях России в 2002-2011 гг., тыс. т .....	156
Таблица 70: Поставки нефтяного кокса на КрАЗ в 2002-2011 гг., тыс. т .....	158
Таблица 71: Поставки нефтяного кокса на БрАЗ в 2002-2011 гг., тыс. т .....	162
Таблица 72: Поставки нефтяного кокса (прокаленного) на САЗ в 2002-2011 гг., тыс. т .....	166
Таблица 73: Поставки нефтяного кокса (прокаленного) на НкАЗ в 2005-2011 гг., тыс. т .....	169

Таблица 74: Поставки нефтяного кокса (прокаленного) на ВГАЗ в 2002-2011 гг., тыс. т .....	170
Таблица 75: Объемы выпуска продукции ОАО "Новочеркасский электродный завод" в 2001-2011 гг., тыс. т.....	178
Таблица 76: Поставки нефтяного кокса на НЭЗ в 2002-2011 гг., тыс. т.....	179
Таблица 77: Поставки нефтяного кокса на НовЭЗ в 2002-2011 гг., тыс. т.....	183
Таблица 78: Поставки прокаленного кокса, производства НовЭЗ в 2006-2011 гг., тыс. т .....	184
Таблица 79: Объемы выпуска продукции на Новосибирском электродном заводе в 1996-2011 гг., тыс. т .....	185
Таблица 80: Объемы выпуска продукции на Челябинском электродном заводе в 2001-2011 гг. ....	187
Таблица 81: Поставки нефтяного кокса (прокаленного) на ЧЭЗ в 2002-2011 гг., тыс. т .....	188
Таблица 82: Поставки нефтяного кокса на "ЧЭМК" в 2003-2011 гг., тыс. т ..	191
Таблица 83: Поставки импортного кокса на "Укрграфит" в 2002-2011 гг., тыс. т .....	193
Таблица 84: Российские предприятия, на которых планируется строительство (реконструкция) установок замедленного коксования .....	197

## СПИСОК РИСУНКОВ

Рисунок 1: Динамика производства нефтяного кокса в СНГ в 1996-2011 гг., тыс. т .....	29
Рисунок 2: Доля стран в производстве кокса в 2002-2011 гг., % .....	32
Рисунок 3: Динамика производства нефтяного кокса на ООО "Лукойл-Волгограднефтепереработка" в 1995-2011 гг., тыс. т .....	42
Рисунок 4: Динамика производства нефтяного кокса на ООО "Лукойл-Пермнефтеоргсинтез" в 1996-2011 гг., тыс. т .....	46
Рисунок 5: Динамика производства нефтяного кокса ОАО "Новокуйбышевский НПЗ" в 1995-2011 гг., тыс. т .....	52
Рисунок 6: Динамика производства нефтяного кокса на ОАО "Ангарская НХК" в 1995-2011 гг., тыс. т .....	56
Рисунок 7: Динамика производства нефтяного кокса сырого и обожженного на ОАО "Газпромнефть-Омский НПЗ" в 1998-2011 гг., тыс. т .....	61
Рисунок 8: Динамика производства нефтяного кокса на "Новойл" в 1996-2011 гг., тыс. т .....	64
Рисунок 9: Динамика производства прокаленного нефтяного кокса на "Заводе "Сланцы" в 1996-2011 гг., тыс. т .....	75
Рисунок 10: Производство нефтяного кокса предприятиями Украины в 1995-2011 гг., тыс. т .....	78
Рисунок 11: Производство и экспорт нефтяного кокса ОАО "Нефтехимик Прикарпатья" в 1999-2011 гг., тыс. т .....	82
Рисунок 12: Динамика производства нефтяного кокса предприятиями Казахстана в 1995-2011 гг., тыс. т .....	85
Рисунок 13: Динамика производства нефтяного кокса сырого и обожженного на ОАО "Павлодарский НПЗ" в 1995-2011 гг., тыс. т .....	87
Рисунок 14: Динамика производства нефтяного кокса сырого и обожженного на ОАО "Атырауский НПЗ" в 1995-2011 гг., тыс. т .....	91
Рисунок 15: Динамика производства нефтяного кокса сырого и обожженного на Туркменбашином КНПЗ в 1995-2011 гг., тыс. т .....	97
Рисунок 16: Динамика производства нефтяного кокса на "Бакинском НПЗ" им. Г. Алиева в 1996-2011 гг., тыс. т .....	100
Рисунок 17: Импорт прокаленного и сырого нефтяного кокса в РФ в 1995-2011 гг., тыс. т .....	104
Рисунок 18: Динамика экспортно-импортных поставок нефтяного кокса в РФ в 1995-2011 гг., тыс. т .....	106
Рисунок 19: Доля стран в поставках сырого кокса в РФ в 2002-2011 гг., % ..	110
Рисунок 20: Динамика экспортно-импортных поставок нефтяного кокса на Украине в 1999-2011 гг., тыс. т .....	117
Рисунок 21: Динамика средних общероссийских цен на кокс в 2002-2012 гг., руб./т, без НДС .....	125
Рисунок 22: Поквартальная динамика импортных цен на нефть (\$/барр.) и нефтяной кокс (\$/т) в РФ в 2004-2011 гг. ....	129
Рисунок 23: Динамика среднеимпортных цен (\$/т) на прокаленный кокс и объемы его импорта (тыс. т) на Украину в 2003-2011 гг. ....	134

Рисунок 24: Динамика экспортно-импортных цен на Украине на сырой кокс в 2003-2011 гг., \$/т.....	134
Рисунок 25: Динамика экспортно-импортных цен в РФ на сырой нефтяной кокс в 1999-2011 гг. и прогноз до 2025 г., \$/т .....	136
Рисунок 26: Темпы роста потребления нефтяного кокса в РФ в 1997-2011 гг., % .....	137
Рисунок 27: Импорт и потребление нефтяного кокса в РФ в 1996-2011 гг., тыс. т .....	139
Рисунок 28: Структура потребления нефтяного кокса в РФ в 2011 г., % .....	142
Рисунок 29: Структура потребления нефтяного кокса на Украине в 2011 г., % .....	144
Рисунок 30: Динамика выпуска графитированных электродов в РФ в 1996-2010 гг., тыс. т .....	147
Рисунок 31: Динамика поставок нефтяного кокса на алюминиевые предприятия России в 2002-2011 гг., тыс. т .....	155
Рисунок 32: Динамика производства обожженных анодов и объемы поставок кокса на Talco в 2000-2010 гг., тыс. т .....	174
Рисунок 33: Динамика удельного расхода обожженных анодов на TALCO..	175
Рисунок 34: Динамика производства электродной продукции ОАО "ЧЭМК" в 2001-2010 гг., тыс. т .....	190
Рисунок 35: Динамика производства графитированных электродов ПАО "Укрграфит" в 2000-2011 гг., тыс. т .....	194
Рисунок 36: Динамика производства нефтяного кокса в РФ в 1999-2011 гг. и прогноз до 2020 г., тыс. т.....	200
Рисунок 37: Динамика производства нефтяного кокса в других странах СНГ в 1998-2010 гг. и прогноз до 2020 г., тыс. т.....	200
Рисунок 38: Баланс производства и потребления нефтяного кокса в РФ в 1998-2011 гг. и прогноз до 2020 г., млн т .....	203

## Аннотация

Данное исследование посвящено анализу рынка нефтяного кокса в России и СНГ. Отчет состоит из 6 частей, содержит 205 страниц, в том числе 38 рисунков, 84 таблицы и приложения.

В ходе выполнения работы были проанализированы многочисленные источники информации, прежде всего данные государственных органов – Федеральной службы государственной статистики РФ (ФСГС РФ), ОАО "РЖД" (статистика железнодорожных перевозок), Федеральной таможенной службы РФ (ФТС РФ), Госкомстата стран СНГ, Государственной таможенной службы стран СНГ, база данных ООН. Также были привлечены данные предприятий, использована база данных "Инфомайн", материалы СМИ и Интернета.

Кроме того, некоторые данные подтверждались и уточнялись путем телефонных опросов специалистов рассматриваемых в данном отчете предприятий.

Все это позволило экспертам выявить картину рынка нефтяного кокса в СНГ и перспективы его развития.

В первой главе отчета приведены сведения о сырье, необходимом для производства нефтяного кокса, его характеристика. Также в данной главе подробно рассмотрена технология производства кокса, приведены качественные показатели получаемой продукции.

Вторая глава отчета посвящена производству нефтяного кокса (сырого и прокаленного) в странах СНГ. В данном разделе отчета приводятся статистические и оценочные данные по объемам выпуска кокса в России и странах СНГ. Подробно описаны все предприятия-производители нефтяного кокса в России и СНГ, текущая ситуация на этих заводах и перспективы развития.

В третьей главе отчета приводятся данные о внешнеторговых операциях с нефтяным коксом в России и СНГ.

В четвертой главе приведены сведения о ценах производителей на российском рынке. Кроме того, проанализированы данные об изменениях экспортно-импортных цен на продукцию в России и на Украине. А также в этой главе дан прогноз цен на период до 2020 г.

В пятой главе отчета рассматривается потребление нефтяного кокса. В данном разделе приведен баланс производства – потребления этой продукции, отраслевая структура потребления, приведены основные потребители, а также текущее состояние и перспективы развития крупнейших предприятий-потребителей в России и СНГ.

В шестой главе отчета приводится прогноз развития российского рынка нефтяного кокса на период до 2020 г.

В приложении приведены адреса и контактная информация предприятий, выпускающих и потребляющих нефтяной кокс в странах СНГ.

## Введение

Нефтяные коксы (углерод нефтяного происхождения) представляют собой пористую твердую неплавкую и нерастворимую массу от темно-серого до черного цвета. Состоят из высококонденсированных высокоароматизированных полициклических углеводородов с небольшим содержанием водорода, а также других органических соединений.

Элементный состав сырого или непрокаленного нефтяного кокса (в %):

C: 91-99,5  
H: 0,035-4  
S: 0,5-8  
(N+O): 1,3-3,8,  
остальное – металлы

Нефтяной кокс является сложной дисперсной системой, в которой дисперсная фаза состоит из кристаллических образований (кристаллитов) разных размеров и упорядоченности во взаимном расположении молекул и пор, а дисперсионная среда, заполняющая поры кристаллитов – непрерывная газообразная или жидкая фаза, из которой формируются адсорбционно-сольватные слои, или сольватоконплексы.

Пространственное расположение углерода упорядочено во фрагменты графита, причем расстояние между атомами углерода в плоскости в несколько раз меньше, чем между плоскостями. Степень упорядоченности зависит от сырья и технологии его подготовки. Так, прямогонные тяжелые нефтяные остатки дают малоупорядоченную структуру, а дистиллятные крекингостатки – высокоупорядоченную. Степень упорядочения влияет на способность графитации нефтяных коксов и свойства полученного графита.

Главными показателями качества нефтяного кокса являются содержание серы, золы, влаги, выход летучих веществ, гранулометрический состав, механическая прочность.

По содержанию серы коксы подразделяют на малосернистые (до 1%), сернистые (до 2 %) и высокосернистые (более 2%). По содержанию золы коксы делятся на малозольные (до 0,5%), средnezольные (0,5-0,8%), высокозольные (более 0,8%). По гранулометрическому составу – на кусковой (фракция с размером частиц более 25 мм), "орешек" (6-25 мм), мелочь (менее 6 мм).

Основные свойства сырых коксов представлены в таблице 1.

Таблица 1: Свойства сырых коксов

Показатель	малосернистый		сернистый		высокосернистый	
	> 25 мм	< 25 мм	> 25 мм	< 25 мм	> 25 мм	< 25 мм
Выход, % по массе						
фракций	41,5	58,5	35,7	64,3	45,0	55,0
летучих веществ	8,7	10,2	6,8	9,3	6,8	7,2
Содержание, % по массе						
серы	0,52	0,53	1,2	1,37	4,0	4,07
золы	0,43	0,50	0,27	0,34	0,46	0,49
Механическая прочность, МПа	5,7	4,0	4,6	2,8	6,0	5,3
Пористость, %	16-56					
Насыпная масса, кг/м <sup>3</sup>	400-500					
Уд. электрическое сопротивление, Ом·м	(80-100)*10 <sup>6</sup>					

*Источник: научно-техническая литература*

По способу получения нефтяные коксы можно разделить на коксы, получаемые замедленным коксованием и коксованием в обогреваемых кубах.

Перед использованием нефтяной кокс обычно подвергают облагораживанию (прокаливанию) на нефтеперерабатывающих заводах сразу после получения или у потребителя.

Нефтяной кокс применяется в основном в металлургической промышленности. Он используется для получения анодной массы в производстве алюминия, графитированных электродов дуговых печей в сталеплавильном производстве, для получения сульфидизаторов в цветной металлургии (для перевода оксидов металлов или металлов в сульфиды с целью облегчения их последующего извлечения из руд, в частности в производстве Cu, Ni и Co). Кроме того, в химическом производстве нефтяной кокс применяется в качестве восстановителя, например в производстве BaS<sub>2</sub> из барита, при получении CS<sub>2</sub>, карбидов Ca и Si. Специальные сорта кокса применяются как конструкционный материал для изготовления коррозионно-устойчивой аппаратуры. В пищевой промышленности кокс используется при производстве сахара для замены доменного кокса. Низкокачественный сернистый кокс применяется в качестве топлива.

# I. Технология производства нефтяного кокса и используемое в промышленности сырье

## I.1. Сырье для получения нефтяного кокса

Качество сырья оказывает первостепенное влияние на характеристики конечного продукта – нефтяного кокса.

Производство кокса в СНГ в основном осуществляется на установках замедленного коксования (УЗК). Характерной особенностью условий работы УЗК является использование в качестве сырья разнообразных смесей, остающихся на заводах в результате переработки нефти. Сырьем служат тяжелые фракции нефти образующиеся в результате атмосферной и вакуумной перегонки нефти (мазуты, полугудроны, гудроны), крекинг-остатки от термического крекинга мазутов и гудронов, тяжелые газойли каталитического крекинга, остатки масляного производства (асфальт пропановой деасфальтизации гудрона, экстракты фенольной очистки масел и др.).

Из всех нефтяных остатков, склонных к образованию различных видов структур кокса, наиболее предпочтительными считаются ароматические концентраты (дистиллятный крекинг-остаток) и некоторые другие высокомолекулярные углеводороды. По этой причине дистиллятное сырье относят к перспективным видам сырья.

Нефтеперерабатывающие предприятия изначально имеют разные производственные условия и работают на различных нефтях. Это обстоятельство является важным определяющим параметром для производства кокса заданного качества, поэтому для каждого НПЗ установки замедленного коксования строились с учетом конкретных условий.

Среди основных параметров, определяющих качество нефтей, таких как плотность, фракционный и химический состав нефтепродуктов, наиболее значимыми являются плотность и показатель сернистости. *Сера* – одна из самых нежелательных примесей в составе сырых нефтей и конечного продукта – кокса. В зависимости от массовой доли серы коксы, так же как и нефти, классифицируются на малосернистые, сернистые, высокосернистые.

Сернистые коксы отличаются менее благоприятными свойствами, по сравнению с малосернистыми коксами: вызывают коррозию оборудования, повышенное количество трещин в электродных изделиях, разрушение огнеупорной кладки печей прокаливания, вследствие чего их использование ограничено определенными областями.

Нефть, поступающая на нефтеперерабатывающие заводы, различается по составу, особенно по содержанию серы. Для бывшего СССР и особенно для России характерна переработка в основном сернистой и высокосернистой нефти.

На территории бывшего СССР к малосернистым (нефть с содержанием серы менее 0,5%) относят большую часть бакинских, грозненских, сахалинских, туркменских и некоторых украинских нефтей, а также казахстанских нефтей.

Сернистую нефть с содержанием серы 0,5-2,5% добывают в

Урало-Поволжском районе (Туймазинское, Ромашинское месторождения и другие), в Западной Сибири (Самотлорское, Нижневартовское, Мегионское и другие).

К высокосернистым (нефть с содержанием серы более 2,5%) относятся месторождения – Арланское, Радаевское, Покровское (Урало-Поволжский район).

В настоящее время основным сырьем для получения кокса являются сернистые нефти.

Согласно ГОСТ 9965-76 (таблица 2), нефти подразделяются на три группы (в зависимости от степени подготовки), на три класса (в зависимости от массовой доли серы). Каждый класс подразделяют на три типа (в зависимости от плотности при 200°С).

**Таблица 2: Технические условия на нефть для нефтеперерабатывающих предприятий (согласно ГОСТ 9965-76)**

<i>В зависимости от массовой доли серы</i>				
Малосернистые		до 0,60%		
Сернистые		от 0,61% до 1,80%		
Высокосернистые		более 1,80%		
<i>В зависимости от плотности при 200°С, кг/м<sup>3</sup></i>				
Легкие		до 850		
Средние		от 851 до 885		
Тяжелые		более 885		
<i>По показателям степени подготовки</i>				
№ группы	Концентрация хлористых солей, мг/дм <sup>3</sup>	Массовая доля воды, %	Массовая доля механических примесей, %	Давление насыщенных паров, кПа
I	не более 100	не более 0,5	-	-
II	не более 300	не более 1,0	не более 0,05	не более 66,7
III	не более 900	не более 1,0	-	-

*Источник: ФГУП "Стандартинформ"*

Применение технологий, позволяющих получать качественный кокс независимо от состава исходной нефти, решает многие проблемы: обеспечивает электродную промышленность качественным сырьем, позволяет задействовать в производстве более широкий диапазон нефтей, а также углубить процесс переработки нефти на НПЗ.

С целью обессеривания конечного продукта применяется прокаливание кокса. Еще один путь получения обессеренного нефтяного кокса из высокосернистых марок нефти – это предварительное удаление серы из сырой нефти методом гидрообессеривания, гидрокрекинга, или деасфальтизации. Этот вариант считается более действенным, несмотря на то, что является более сложным и требует дополнительных затрат.

На российские заводы нефть поставляется, главным образом, по системе магистральных нефтепроводов АК "Транснефть", в которой

Западно-Сибирская нефть, марки Siberian Light смешивается с более тяжелой и сернистой нефтью марки Urals.

В таблице 3 показаны основные поставщики нефти на нефтеперерабатывающие предприятия СНГ, производящие кокс.

**Таблица 3: Поставщики нефти на НПЗ, производящие кокс**

НПЗ/Нефтяные компании	Лукойл	ТНК	Роснефть	Руснефть	Башнефть	Газнефть	Газпром нефть	Укрнафта	КазМунайГаз	МангистауМунайГаз	Туркменнефть	Узбекнефтегаз	РетроKazakhstan	ГНКАР
Новыйл														
Уфанефтехим														
Новокуйбышевский НПЗ														
Ангарская НХК														
Волгограднефтепереработка														
Пермнефтеоргсинтез														
Омский НПЗ														
Комсомольский НПЗ														
Нефтехимик Прикарпатья														
Павлодарский НПЗ														
Атырауский НПЗ														
Туркменбашинский комплекс														
Ново-Бакинский НПЗ														
Узнефтепереработка														

*Источник: "Инфолайн"*

В 2010 г. изменилась структура поставщиков нефти для предприятий входящих в ОАО АНК "Башнефть" – ОАО "Новыйл" и ОАО "Уфанефтехим". Если ранее сырьем для этих предприятий было углеводородное сырье, которое почти наполовину состояло из западно-сибирской нефти (поставщики "Лукойл" и ТНК), то в 2010-2011 гг. заводы обеспечивались полностью собственным сырьем ("Башнефть").

## **I.2. Способы получения сырого и обожженного нефтяного кокса**

Коксование нефтяного сырья – наиболее жесткая форма термического крекинга нефтяных остатков. Осуществляется при низком давлении и температуре 480-560°C, с целью получения нефтяного кокса, а также углеводородных газов, бензинов и керосино-газойлевых фракций. При коксовании происходит расщепление всех компонентов сырья с образованием жидких дистиллятных фракций и углеводородных газов; деструкция и циклизация углеводородов с интенсивным выделением керосино-газойлевых фракций; конденсация и поликонденсация углеводородов и глубокое уплотнение высокомолекулярных соединений с образованием сплошного коксового остатка.

Промышленный процесс коксования осуществляется на установках трех типов: периодическое коксование в коксовых кубах, замедленное коксование в камерах, непрерывное коксование в псевдоожиженном слое кокса-носителя.

В СНГ нефтяной кокс получают замедленным коксованием и коксованием в коксовых кубах.

### ***Замедленное коксование***

Замедленное (полунепрерывное) коксование наиболее широко распространено в мировой практике. Сырье, предварительно нагретое в трубчатых печах до 350-380°C, непрерывно поступает на каскадные тарелки ректификационной колонны (работающей при атмосферном давлении), стекая по которым, контактирует с поднимающимися навстречу парами, подаваемыми из реакционных аппаратов. В результате тепло- и массообмена часть паров конденсируется, образуя с исходным сырьем так называемое вторичное сырье, которое нагревается в трубчатых печах до 490-510°C и поступает в коксовые камеры – полые вертикальные цилиндрические аппараты диаметром 3-7 м и высотой 22-30 м. В камеру реакционная масса непрерывно подается в течение 24-36 часов и благодаря аккумулированной ею теплоте коксуется. После заполнения камеры коксом на 70-90% его удаляют, обычно струей воды под высоким давлением (до 15 МПа). Кокс поступает в дробилку, где измельчается на куски размером не более 150 мм, после чего подается элеватором на грохот, где разделяется на фракции 150-25, 25-6 и 6-0,5 мм. Камеру, из которой выгружен кокс, прогревают острым водяным паром и парами из работающих коксовых камер и снова заполняют коксуемой массой.

Летучие продукты коксования, представляющие собой парожидкостную смесь, непрерывно выводятся из действующих камер и последовательно разделяются в ректификационной колонне, водоотделителе, газовом блоке и отпарной колонне на газы, бензины и керосино-газойлевые фракции (см. таблицу 4).

**Таблица 4: Выход продуктов на установке замедленного коксования, % по массе**

Продукт	Сырье		
	Мазут (плотность 0,950 г/см <sup>3</sup> )	Гудрон (плотность 0,991 г/см <sup>3</sup> )	Крекинг-остаток (плотность 1,024 г/см <sup>3</sup> )
Кокс			
Газы			
Бензины			
Керосино-газойлевые фр.			

Источник: "Инфолайн", данные предприятий

Типичные параметры процесса: температура в камерах 450-480°C, давление 0,2-0,6 МПа, продолжительность до 48 часов.

Достоинства замедленного коксования – высокий выход малозольного кокса. Из одного и того же количества сырья этим методом можно получить в 1,5-1,6 раза больше кокса, чем при непрерывном коксовании.

На отечественных нефтеперерабатывающих предприятиях эксплуатируются одноблочные и двухблочные установки коксования (каждый блок состоит из двух или трех реакторов) нескольких типов. Компонировка, проектирование установок произведены по проектам институтов "Гипронефтезаводы" и "ВНИПИнефть". Установки ЗК принято классифицировать по выходу конечного продукта.

Двухблочные установки подразделяются на четыре типа.

1. Установки первого типа (21-10/300, 21-10/600) оснащены реакционными камерами внутренним диаметром 4,5 или 5 м и нагревательными печами шатрового типа. На установке имеются узлы абсорбции и стабилизации бензина, предусмотрено также получение керосина, газойля, печного топлива, тепло которого используется для нагрева турбулизатора. Четыре камеры работают попарно, независимо друг от друга, поэтому каждую пару камер можно отключить на ремонт, не останавливая всей установки.

2. Установки второго типа 21-10/3М имеют аналогичную схему, но они оснащены реакционными камерами диаметром 5,5 м. Для этих установок характерно использование прямогонных нефтяных остатков с добавлением высокоароматизированных компонентов (ароматизация сырья коксования способствует увеличению продолжительности работы установок, повышению выхода и улучшению качества кокса).

3. В период 1975-1900-х гг. на ряде НПЗ были введены в промышленную эксплуатацию двухблочные УЗК типа 21-10/6 (6М). На подобных установках применяется высокоэффективное оборудование: реакционные камеры из легированной стали диаметром 5,5 м, высотой 27,6 м (работающие под давлением до 0,6 МПа); трубчатые печи объемно-настильного пламени (для нагрева первичного сырья и теплоносителя) и вертикально-факельные (для нагрева вторичного сырья) с подовым расположением форсунок. Три радиоактивных

уровнемера, установленные по высоте реактора, служат для регистрации уровня раздела фаз "кокс-пена". Использование уровнемеров позволяет достигать максимального использования полезного объема коксовой камеры.

Повышению эффективности работы установки способствует также применение в качестве конденсаторов аппаратов воздушного охлаждения и глубокая утилизация тепла отходящих потоков. Снижение температуры нагрева вторичного сырья и возможность уменьшения отложений кокса в трубах реакционных змеевиков достигается за счет нагрева до 515°C в отдельном змеевике печи первичного сырья (тяжелый газойль коксования); также становится возможным внести дополнительное количество тепла в реактор. В реакционные змеевики печей подается турбулизатор и моющая присадка, что увеличивает продолжительность непрерывной работы печных агрегатов. С целью снижения и подавления пенообразования коксующегося сырья в верхнюю зону камер вводится антипенная присадка. Отложение кокса в шлемовых линиях камер предотвращается подачей в них охлажденного газойля коксования. Усовершенствована и схема улавливания продуктов прогрева камер, пропаривания и охлаждения кокса.

4. Реакционные камеры установки 21-10/5К имеют диаметр 7 м, высоту 29,3 м. Кроме усовершенствований, внедренных на ранее построенных УЗК, на этой установке проведен ряд мероприятий, обеспечивающих повышение эффективности процесса производства кокса. Здесь предусмотрены: аксиальный ввод сырья в реакционные камеры, коксоудаляющие гидравлические комплексы с дистанционным переключением гидравлических резаков, электроприводные переключающие и проходные краны на трансферных трубопроводах, механизация всех трудоемких процессов, склад кокса напольного типа.

Основные характеристики установок замедленного коксования различного типа, применяемых в СНГ, показаны в таблице 5.

**Таблица 5: Основные характеристики типов установок замедленного коксования, применяемых на НПЗ СНГ**

Показатель	Тип установки				
	21-10/300	21-10/600	21-10/3М	21-10/6	21-10/5К
Производительность, тыс. т в год:					
По сырью	300	600	600	600	1500
По коксу	75	100	120	120	250
Температура реактора, °С					
верх	450	450	450	450	450
низ	475	475	475	475	475
Давление в реакторе, МПа:					
верх	0,18	0,4	0,4	0,4	0,4
низ	0,38	0,6	0,6	0,6	0,6
Высота заполнения реактора, м	18-20	16-19	17,5	17	19
Продолжительность цикла, ч	48-120	68-112	60-99	84-154	-
Внутренний диаметр реактора, мм	5000	4500	5500	5500	7000

Источник: "Инфолайн", данные предприятий

На территории СНГ наиболее распространены УЗК типов 21-10/300, 21-10/600 и 21-10/3М. Следует отметить, что по качеству кокс, выпускаемый УЗК, уступает кубовому коксу по повышенному содержанию влаги (в среднем на 2%) и летучих веществ (на 1-2%).

### ***Периодическое коксование***

Проводят в горизонтальных цилиндрических аппаратах диаметром 2-4 м и длиной 10-13 м. Сырье в кубе постепенно нагревают снизу открытым огнем. Далее обычным способом выделяют дистилляты, кокс подсушивают и прокаливают (2-3 часа). После этого температуру в топке под кубом постепенно снижают и охлаждают куб сначала водяным паром, а затем воздухом. Когда температура кокса понизится до 150-200°C, его выгружают.

Типичные параметры процесса: температура в паровой фазе 360-400°C, давление атмосферное. Этим способом получают электродный и специальный виды высококачественного кокса с низким содержанием летучих. Однако способ малопроизводителен, требует большого расхода топлива, а также значительных затрат ручного труда и поэтому почти не используется в промышленности. За рубежом нефтяной кокс в кубах не вырабатывается, а в СНГ он составляет, в настоящее время, по оценке "Инфомайн", около 1%.

### ***Непрерывное коксование в кипящем слое (термоконтактный крекинг)***

Сырье, предварительно нагретое в теплообменнике, контактирует в реакторе с нагретым и находящимся во взвешенном состоянии инертным теплоносителем и коксуется на его поверхности в течение 6-12 минут. В качестве теплоносителя используется обычно порошкообразный кокс с размером частиц до 0,3 мм, реже более крупные гранулы. Образовавшийся кокс и теплоноситель выводят из зоны реакции и подают в регенератор (коксонагреватель). Там слой теплоносителя поддерживается во взвешенном состоянии с помощью воздуха, в токе которого выжигается до 40% кокса, а большая его часть направляется потребителю. Благодаря теплоте, выделившейся при выжигании части кокса, теплоноситель нагревается и возвращается в реактор. Для перемещения теплоносителя используется пневмотранспорт частиц кокса, захватываемых потоком пара или газа. Дистиллятные фракции и газы выводят из реактора и разделяют так же, как при замедленном коксовании.

Типичные параметры процесса: температура в теплообменнике 300-320°C, реакторе 510-540°C и регенераторе 600-620°C, давление в реакторе и регенераторе 0,14-0,16 и 0,12-0,16 МПа соответственно, соотношение по массе сырье : теплоноситель – (6,5-8,0):1.

Коксование в кипящем слое используют для увеличения выхода светлых нефтепродуктов. Кроме того, сочетание непрерывного коксования с газификацией образующегося кокса может быть применено для получения дизельных и котельных топлив.

### Прокаливание

Перед использованием нефтяной кокс обычно подвергается облагораживанию, включающему несколько процессов. При прокаливании удаляются летучие вещества и частично гетероатомы (например, сера и ванадий), снижается удельное электрическое сопротивление. При графитировании двухмерные кристаллиты превращаются в кристаллические образования трехмерной упорядоченности. В общем виде стадии облагораживания можно представить следующей схемой:

Кристаллиты → карбонизация (прокаливание при 500-1000°C) → двухмерное упорядочение структуры (1000-1400°C) → предкристаллизация (трансформация кристаллитов при 1400°C и выше) → кристаллизация, или графитирование (2200-2800°C).

Обжиг сырого кокса на нефтеперерабатывающих заводах на территории СНГ осуществляется в барабанных, подовых и камерных печах различной производительности (таблица 6).

**Таблица 6: Мощности по прокаливанию сырого нефтяного кокса на предприятиях СНГ**

Предприятие	Тип печи по обжигу кокса	Кол-во печей	Мощность по сырому коксу, тыс. т	Мощность по прокаленному коксу, тыс. т	Вид прокаленного кокса
<b>Всего</b>					

Источник: "Инфомайн"

В настоящее время мощности по прокаливанию кокса имеются на 5 нефтеперерабатывающих предприятиях СНГ, а также на АО "Сланцы". Однако основная масса кокса прокаливается у потребителей: на алюминиевых (11 печей) и электродных (3 печи) заводах.

Первая установка для прокаливании нефтяного кокса была освоена в 1977 году на Красноводском НПЗ (сейчас Туркменбашинский комплекс нефтеперерабатывающих заводов) по технологии Maraton Ways с использованием подовой печи по поставке фирмы Ansa. Прослужив около 15 лет, установка была выведена из эксплуатации в связи с забиванием межтрубного пространства котла-утилизатора зольными отложениями из дымовых газов и физическим износом. Недостатком технологии была большая скорость нагрева кокса, вызывающая его "разбухание" со снижением объемной плотности. В 1987-1989 гг. на нефтеперерабатывающих заводах в городах Фергана (Узбекистан), Красноводск (Туркменистан) и Атырау (Казахстан)

были пущены установки прокаливания нефтяных коксов в барабанных печах по технологии фирмы Kennedi Van Syan по контракту с фирмой Mannesmann. Эта технология в основном отвечала современным требованиям, исключая проблемы по некоторым узлам и оборудованию.

Институт Нефтехимпереработки Республики Башкортостан (ГУП ИНХП) участвовал в реализации проектов с подовой и барабанной печами в части подготовки техзадания на закупку, в приемке и экспертизе проектов, освоении установок, аналитическом контроле качества кокса и последующей реконструкции с модернизацией отдельных узлов и оборудования.

По разработке ГУП ИНХП с использованием российского оборудования в 1988 г. построена установка прокаливания производительностью 140 тыс. т в год на Павлодарском НПЗ в Казахстане (в настоящее время демонтирована). В 1990 г. – аналогичная установка на Омском НПЗ. Технологическая схема установки и основные эксплуатационные характеристики (производительность 140 тыс. т в год, температура прокаливания 1250-1350°C) являются типичными для мировой практики. Используемая барабанная печь (60x3,5 м) и холодильник (40x3,0 м) являются типовыми для России и изготавливаются на заводе ОАО "Уралхиммаш". Печь дожига оригинальной конструкции по разработке ГУП ИНХП обеспечивает высокую степень дожига коксовой пыли.

В 2005 г. была введена в строй первая линия установки по прокаливанию кокса (мощностью 100 тыс. т) на Волгоградском НПЗ.

### 1.3. Классификация получаемого в СНГ сырого кокса по его качеству, стандарты на кокс, действующие в СНГ

В СНГ в зависимости от назначения нефтяных коксов к ним предъявляются различные требования.

Основные требования, предъявляемые *алюминиевой промышленностью*: хорошая электропроводность прокаленного кокса и низкое содержание ванадия, титана, хрома и марганца. Суммарное содержание этих четырех металлов не должно превышать 0,01%. Для *электродной промышленности* основным критерием качества является однородность структуры коксов.

По *степени сернистости* с учетом направления дальнейшего использования нефтяные коксы принято разделять на:

- малосернистые, до 1% S (электроды, конструкционные материалы);
- среднесернистые, до 1,5% S (аноды для производства алюминия, карбиды);
- сернистые, до 4% S (после обессеривания могут использоваться в качестве сырья для выпуска анодов);
- высокосернистые, более 4% S (восстановитель и сульфлирующий агент).

Нефтяные коксы классифицируют также по *гранулометрическому составу*:

- кусковой (фракция выше 25 мм);
- коксик (фракция от 6-8 до 25 мм);
- мелочь (фракция менее 8 мм).

Сортировка кокса на фракции производится только на установках замедленного коксования.

Нефтяные коксы содержат также различные *количества зольных компонентов*, поэтому с учетом их содержания различают:

- малозольные нефтяные коксы (зольность до 0,5%);
- средnezольные (0,5-0,8%);
- зольные (более 0,8%).

При классификации нефтяных коксов особо следует выделить *игольчатый кокс*, получаемый из высокоароматизированного сырья, в котором отсутствуют асфальтены и гетероэлементы, или их содержание невелико. Игольчатый нефтяной кокс обладает специфическими свойствами:

- анизометричной формой частиц;
- малым содержанием гетеропримесей, в частности, серы и золы;
- низким коэффициентом термического расширения (КТР);
- хорошей графитируемостью;
- высокой плотностью;
- низкой реакционной способностью.

Эти свойства делают его единственно возможным сырьем для изготовления крупногабаритных графитированных электродов. На территории СНГ не налажено производство значительных объемов игольчатого кокса, что

объясняется как трудностями с получением специального сырья (малосернистого газойля каталитического крекинга), так и невысоким качеством оборудования установок, не позволяющим получать крекинг-остатки после термокрекинга с низким содержанием легких фракций.

В зависимости от способа получения нефтяного кокса и на основе проведенной классификации по различным свойствам, на территории СНГ согласно действующим стандартам выпускается 6 типов сырого нефтяного кокса (таблицы 7-9).

**КЗ – кокс замедленного коксования** (ГОСТ 22898-78), сочетает в себе положительные качества крекингового и пиролизного кубовых коксов. Структура кокса неоднородна из-за непостоянства сырья (волокнистая и точечная) и отвечает основным требованиям, предъявляемым к сырью для электродной продукции, имеет высокую прочность и обладает хорошей графитируемостью. В зависимости от гранулометрического состава (содержание класса менее 8 мм) выпускают кокс марки КЗ-8 и КЗ-0 (мелочь).

**Таблица 7: Требования к качеству кокса замедленного коксования (КЗ-8) по ГОСТ 22898-78**

Показатель	Категория качества	
	высшая	первая
Массовая доля общей влаги, %, не более	3	3
Расход летучих веществ, %, не более	7	9
Зольность, %, не более	0,4	0,6
Массовая доля серы, %, не более	1,0	1,5
Массовая доля мелочи <25 мм, %, не более	8	10
Действительная плотность после прокаливания (1300°С, 5 часов), кг/м <sup>3</sup>	2100-2130	2080-2130
Массовая доля, %, не более		
Si	0,06	0,08
Fe	0,07	0,08
V	0,08	0,015

*Источник: ФГУП "Стандартинформ"*

**КЗИ – кокс нефтяной игольчатый замедленного коксования** (ГОСТ 26132-84). Его получают из высокоароматизированного сырья, в котором отсутствуют асфальтены и гетероэлементы. Отличается высокой анизотропией.

**Таблица 8: Требования к качеству кокса игольчатого замедленного коксования (КЗИ) по ГОСТ 26132-84**

Показатель	Значение
Массовая доля общей влаги, %, не более	отсутствует
Зольность, %, не более	0,4
Массовая доля серы, %, не более	0,6
Окисляемость, %, не более	1,5
Действительная плотность кг/м <sup>3</sup> , не менее	2110
Содержание зерен размером более 6,0 мм, % не менее	25

*Источник: ФГУП "Стандартинформ"*

Помимо перечисленных выше стандартов на нефтяной кокс в СНГ выпускается **кокс нефтяной сернистый замедленного коксования**, его качество определяется техническими условиями (ТУ 38101525-75). Этот кокс характеризуется повышенным содержанием серы (до 3%).

**Таблица 9: Требования к качеству кокса нефтяного сернистого замедленного коксования, ТУ 38101525-75**

Показатель	Категория качества	
	А (фракция 25-250)	В (фракция 8-250)
Массовая доля общей влаги, %, не более	3	3
Расход летучих веществ, %, не более	7,5	9
Зольность, %, не более	0,5	0,5
Массовая доля серы, %, не более	3	3
Содержание, %, не более:		
зерен размера менее 25 мм	10	-
зерен размера менее 8 мм	-	10

Источник: ФГУП "Стандартинформ"

**Обоженный нефтяной кокс** согласно стандартам, действующим на территории бывшего СССР, выпускается двух видов: суммарный кокс (ТУ 101698-80) и обожженная коксовая мелочь (ТУ 381097-81) (таблица 10).

**Таблица 10: Требования к качеству обожженного нефтяного кокса**

Показатель	Кусковой + коксик ТУ 101698-80	Коксик ТУ 381097-81	
		высший	первый
Массовая доля общей влаги, %, не более	0,5	отсутствует	
Зольность, %, не более	0,7	0,8	1,0
Массовая доля серы, %, не более	1	1	1,5
Действительная плотность, кг/м <sup>3</sup>	не более 2080	не менее 2080	не менее 2060
Содержание зерен размером более 6 мм, %, не менее	30	-	-

Источник: ФГУП "Стандартинформ"

Нефтяные коксы, вырабатываемые российскими предприятиями, отличаются низким содержанием летучих веществ – 7,6-10,2% (таблица 11). ГУП "Институт Нефтехимпереработки" (Уфа, Республика Башкортостан) в течение нескольких лет разрабатывал технические решения, направленные на получение качественных нефтяных коксов для алюминиевой и электродной промышленности с выбором технологии "медленного" коксования: необходимый коэффициент рецикла, подача теплоносителя. Эта технология позволяет получать коксы с низким выходом летучих веществ (7-9%) и высокой механической прочностью.

**Таблица 11: Показатели качества нефтяных коксов, производимых на НПЗ России**

Предприятие	Показатели качества								
	влага %	летуч. %	фр.<8 мм, %	зола %	S %	Si ppm	Fe ppm	V ppm	Na ppm

Источник: ГУП "Институт нефтехимпереработки"

Показатели качества нефтяных коксов, выпускаемых в РФ, являются типичными для мировой практики их использования в алюминиевой промышленности. Содержание серы 1,38-2,52%, ванадия – 140-390 ppm. Но имеются и коксы (Новойл, Новокуйбышевский НПЗ) с чрезмерно высоким содержанием серы и ванадия.

Основные марки сырого нефтяного кокса, выпускаемые российскими предприятиями, представлены в таблице 12.

**Таблица 12: Производство нефтяного кокса в СНГ по маркам**

Нефтеперерабатывающий завод	Марка сырого нефтяного кокса		
	КЗ-8, КЗ-0	КЗИ*	Сернистый нефтяной кокс
Новойл			
Уфанефтехим			
Волгоградский			
Пермский			
Новокуйбышевский			
Омский			
Ангарский			
Комсомольский			
Атырауский			
Павлодарский			
Ферганский			
Туркменбашинский			
Ново-Бакинский			
Нефтехимик Прикарпатья			

\* – в настоящее время в СНГ не производится

Источник: "Инфолайн" на основе данных предприятий