

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ УГОЛЬНОЙ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА КХП ПАО «АРСЕЛОРМИТТАЛ КРИВОЙ РОГ»**

© И.В. Романюк<sup>1</sup>, И.И. Сикан<sup>2</sup>, Н.В. Мукина<sup>3</sup>, Селин С.С.<sup>4</sup>

ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», 50095, Днепропетровская область, Кривой Рог, ул. Орджоникидзе, 1, Украина

И.Д. Дроздник<sup>5</sup>, Д.В. Мирошниченко<sup>6</sup>

Государственное предприятие «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИН)» 61023, г. Харьков, ул. Веснина, 7, Украина

<sup>1</sup> Романюк Игорь Васильевич, директор КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», e-mail: [Igor.Romanuk@arcelormittal.com](mailto:Igor.Romanuk@arcelormittal.com)

<sup>2</sup> Сикан Иван Иванович, главный инженер КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», e-mail: [Ivan.Sikan@arcelormittal.com](mailto:Ivan.Sikan@arcelormittal.com)

<sup>3</sup> Мукина Наталья Владимировна, начальник технического отдела КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», e-mail: [Natalia.Mukina@arcelormittal.com](mailto:Natalia.Mukina@arcelormittal.com)

<sup>4</sup> Селин Сергей Степанович, начальник углеподготовительного цеха КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», e-mail: [Sergey.Selin@arcelormittal.com](mailto:Sergey.Selin@arcelormittal.com)

<sup>5</sup> Дроздник Игорь Давидович, канд. техн. наук, с.н.с., заведующий коксовым отделом, e-mail: [yo@ukhin.org.ua](mailto:yo@ukhin.org.ua)

<sup>6</sup> Мирошниченко Денис Викторович, канд. техн. наук, с.н.с., зам. заведующего коксовым отделом, e-mail: [dvmir79@gmail.com](mailto:dvmir79@gmail.com)

*Рассмотрены принципы формирования многобассейновой угольной сырьевой базы коксования. Показано, что базовую часть шихты составляют украинские и карагандинские угли (последние – собственность компании), долевое участие которых превышает 55 %.*

*Показано, что наличие высокозольных карагандинских углей повышает зольность всей шихты в среднем на 1 % по сравнению с шихтами остальных заводов Украины, а низкое содержание витринита (72 % против 82 % в шихтах остальных заводов) снижает механическую прочность кокса.*

*Внедрение технологии вдувания пылеугольного топлива (ПУТ) требуют использования низкореакционного высокопрочного кокса ( $M25 > 88\%$ ,  $M10 < 7,5\%$ ,  $CRI < 35\%$ ,  $CSR > 55\%$ ). Внедрение технологии коксования трамбованных шихт потребует применения специальных методов оценки и контроля свойств углей и трамбуемых шихт.*

Ключевые слова: коксование, сырьевая база, особенности, уголь, зольность, содержание витринита, пылеугольное топливо, трамбование шихты, свойства кокса.

\*\*\*\*\*

**С**овременная сырьевая база коксохимического производства Украины носит устойчивый многобассейновый характер, где, наряду с украинскими, используются импортные коксующиеся угли ближнего и дальнего зарубежья. При этом доля украинских углей постоянно сокращается, что вызвано

отработкой угольных пластов на глубинах до 600-700 м и переходом на более глубокие горизонты (1200 м и более), а также известными событиями в Донецкой и Луганской областях. В табл. 1 представлена сырьевая база коксохимических заводов Украины за 2010-2015 гг.



Из приведенных данных видно, что долевое участие украинских углей в сырьевой базе коксования за рассмотренный период снизилась с 65,7 до 34,9 % или на 30,8 %. Одновременно доля рос-

сийских углей возросла с 25,2 до 36,3 % или на 11,1 %, а американских – с 5,7 до 13,4 %, т.е. на 7,7 %.

Начиная с 2013 г. в сырьевой базе стали использовать угли Канады, а с 2014 года – Австралии. В целом, долевое участие дальнего зарубежья за рассматриваемый период выросло с 5,8 до 22,5 % или на 16,7 %.

Бассейновая структура угольной сырьевой базы производства кокса в Украине как в настоящее время, так и в перспективе будет определяться, в основном, углами трех стран – Украины, России и США, суммарное долевое участие которых достигло 85 %.

Угольная сырьевая база коксохимического производства ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» также носит межбассейновый характер. Ее особенностью является использование, наряду с углами Украины, России и дальнего зарубежья, углей Казахстана, являющихся собственными активами компании. В табл. 2 представлена бассейновая сырьевая база КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» за период 2010-2015 гг.

Таблица 1

Динамика изменения долевого участия украинских и импортных углей в сырьевой базе коксохимических заводов Украины в 2010-2015 гг.

Год	Долевое участие украинских и импортных углей, %							
	Украина	Россия	Казахстан	США	Канада	Австралия	США+Австралия +Канада	Другие*)
2010	65,7	25,2	3,0	5,7	-	0,1	5,8	0,3
2011	62,0	24,3	2,6	11,0	-	-	11,0	0,1
2012	52,3	30,3	3,3	13,2	-	-	13,2	0,9
2013	50,9	32,5	2,5	11,9	1,2	-	13,1	1,0
2014	45,8	33,0	3,9	11,9	1,9	2,6	16,4	0,9
2015	34,9	36,3	5,2	13,4	4,2	4,9	22,5	1,1

\*) Другие: Польша, Чехия, Колумбия, Индонезия, Иран, Абхазия

Таблица 2

Динамика изменения долевого участия украинских и импортных углей КХП ПАО «Арселор-Миттал Кривой Рог» за 2010-2015 гг. (%)

Страна	Год					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Украина	27,5	24,3	25,1	55,8	43,7	22,8
Россия	34,9	26,8	24,6	14,8	9,7	24,8
Казахстан	13,2	18,5	29,4	28,7	32,8	30,3
Дальнее зарубежье	24,4	30,4	20,9	0,7	13,8	22,1

Анализируя данные табл. 2, видно, что долевое участие украинских углей за рассматриваемый период колебалось в пределах 22,8-55,8 %. При этом, в 2010-2012 и 2015 гг. их участие составляло 22,8-27,5 %, а в 2013-2014 гг. – 55,8 и 43,7 % соответственно. Наибольшее долевое участие российских углей отмечено в 2010 г. – 34,9 %, а наименьшее в 2014 г. – 9,7 %. Использование собственных активов – углей Карагандинского бассейна, постоянно наращивалось и достигало 30,3-32,8 % в шихте.

Угли дальнего зарубежья представлены, в основном, американскими ресурсами. Их долевое участие колебалось от 0,7 % в 2013 г. до 30,4 % в 2011 г. В остальные годы доля этих углей составляла 21,2-24,4 %.

Основными компонентами украинской составляющей являлись угли марок Г, Ж и К (ЦОФ «Комсомольс-

кая», ЦОФ «Киевская», ЦОФ «Калининская», ЦОФ «Узловская», ОФ «Свято-Варваринская»).

Российскую часть сырьевой базы представляли угли марок ГЖО, Ж (Ж2) Печорского бассейна (ЦОФ «Печорская») и К, КЖ, КО Кузнецкого бассейна (ОФ «Северная»).

Карагандинский бассейн представлен концентратом марок К, КЖ, ОС ЦОФ «Восточная».

Угли дальнего зарубежья представлены, в основном, американскими углами марок ВЛК, СЛК и НЛК (марки Ж, К, ОС по ДСТУ 25543-2013) с небольшим участием австралийских и канадских, а также польских (T-35 по классификации польских углей).

В табл. 3 представлен среднегодовой состав много-бассейновой сырьевой базы КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» за 2010-2015 гг. и основные качественные показатели производственных шихт.

Таблица 3

**Марочный состав и качественная характеристика шихт КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» за 2014-2015 гг.**

Страна, марка угля	Марочный состав шихт (%) по годам					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Украина	27,5	24,3	25,1	55,8	43,7	22,8
Г	0,1	1,4	6,3	15,9	12,4	0,4
Ж	17,0	13,6	4,1	10,5	12,6	8,2
К	10,4	9,3	14,7	29,4	18,7	14,2
Россия	34,9	26,8	24,6	14,8	9,7	24,8
ГЖО	0,7	-	-	-	5,6	17,0
Ж	15,1	10,0	12,7	11,4	2,5	-
К+КЖ	-	0,9	2,2	-	-	-
К	19,0	-	-	-	-	-
К+КО	-	15,9	9,7	3,4	0,4	-
К+КО+ОС	0,1	-	-	-	1,2	7,8
Казахстан: КЖ+К+ОС	13,2	18,5	29,4	28,7	32,8	30,3
Дальнее зарубежье	24,4	30,4	20,9	0,7	13,8	22,1
ВЛК	10,1	0,7	1,8	-	3,1	6,7
СЛК	14,4	29,7	19,1	0,7	10,7	12,7
НЛК	-	-	-	-	-	2,7
<i>Качественная характеристика шихт, %</i>						
Влага, W <sup>r</sup>	9,9	8,5	8,5	9,0	8,1	8,8
Зольность, A <sup>d</sup>	9,6	9,6	9,6	9,2	9,1	9,0
Содержание серы, S <sup>d</sup> <sub>t</sub>	0,98	1,01	0,87	1,11	1,03	0,90
Выход летучих веществ, V <sup>daf</sup>	29,8	29,2	28,7	29,2	29,2	29,8
Толщина пластического слоя, у, мм	17	19	18	18	17	17
Содержание класса 0-3 мм	87,5	85,2	82,0	84,0	81,3	80,8

Анализируя представленные данные, можно сделать заключение, что межбассейновая сырьевая база коксохимического производства характеризуется высокой зольностью, невысоким содержанием серы, стабильным выходом летучих веществ и достаточной спекаемостью. За рассматриваемый период помол шихты (содержание класса 0-3 мм) планомерно снижался и достиг научно обоснованного уровня 80-82 %.

Определенный интерес представляет анализ вклада украинских и импортных углей в качественную характеристику коксующих шихт. В табл. 4 представлены усредненные качественные характеристики углей, входящих в сырьевую базу КХП, представленных в предыдущей таблице, по странам.

Таблица 4  
Усредненные показатели качества углей, входящих в сырьевую базу КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» (%)

Страна	A <sup>d</sup>	S <sup>d</sup> <sub>t</sub>	V <sup>daf</sup>	y, мм	R <sub>o</sub>	I <sub>o</sub> , ед	Vt
Украина	8,1	1,24	30,6	17,5	1,07	3,25	86
Россия	9,6	0,81	29,4	14,4	1,01	2,83	66
Казахстан	11,7	0,61	26,1	17	1,17	2,60	67
Дальнее зарубежье	8,9	0,57	27,0	19	1,13	2,31	68

Анализируя данные табл. 4, можно констатировать следующее.

Наименее зольными являются украинские угли, а наиболее зольными – угли Карагандинского бассейна. Повышенную зольность имеют российские угли, что в совокупности с углами Казахстана объясняет достаточно высокий диапазон зольности производственных шихт: 9,0-9,6 %. По содержанию серы украинские угли заметно хуже остальных составляющих. При их повышенном долевом участии в шихте содержание серы в ней заметно возрастает. Это хорошо заметно по шихтам 2013 и 2014 гг. (табл. 3), где долевое участие украинских углей составило 55,8 и 43,7 % соответственно, против 22,8-27,5 % в шихтах 2010-2012 гг. и 2015 гг. Выход летучих веществ украинских и российских углей заметно выше двух остальных компонентов. В целом, диапазон значений этого показателя производственных шихт составляет 28,7-29,8 %. Наименьшей спекаемостью характеризуются российские угли, что вполне компенсируется остальными составляющими. Отражательная способность всех углей находится в пределах 1,01-1,17 %, что близко к межбассейновым шихтам других заводов Украины.

Особый интерес представляет величина индекса основности ( $I_o$ ), характеризующего химический состав минеральной части (золы) угля и его реакционную способность. Это объясняется тем, что в доменном производстве широкое внедрение получила прогрессивная технология вдувания пылеугольного топлива (ПУТ) непосредственно в доменные печи. При этом необходимо использовать низкореакционный кокс с высокой

механической и термомеханической прочностью. Ресурсы низкоосновных углей в Украине весьма ограничены, поэтому необходимость привлечения таких импортных углей существенно возрастает [1-3]. Из представленных углей наименьшими значениями индекса основности обладают угли дальнего зарубежья.



Оценивая петрографический состав, следует отметить петрографическую однородность украинских углей, выражющуюся в высоком содержании макералов группы витринита – 86 %, что существенно выше,

чем у всех остальных углей, включая и дальнее зарубежье.

В табл. 5 представлены данные о качественной характеристике шихт по основным параметрам всех коксо-

химических заводов Украины в сопоставлении с этими же параметрами шихт КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» за 2010-2015 гг.

Таблица 5

**Сопоставительная характеристика качественных показателей коксохимических заводов Украины и КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» за 2010-2015 гг.**

Год	КХП	Качественная характеристика шихт, %					
		A <sup>d</sup>	S <sup>d</sup> <sub>t</sub>	V <sup>daf</sup>	y, мм	R <sub>o</sub>	Vt
2010	Украина	8,6	1,40	31,2	15,8	1,00	84
	АМКР	9,6	0,96	29,8	17	1,10	72
2011	Украина	8,7	1,23	30,7	14,5	0,97	83
	АМКР	9,6	1,01	29,2	19	1,08	71
2012	Украина	8,4	1,05	31,7	15,4	1,00	83
	АМКР	9,6	0,87	28,7	18	1,10	72
2013	Украина	8,1	1,04	30,2	15,3	1,02	84
	АМКР	9,2	1,11	29,2	18	1,09	70
2014	Украина	8,2	0,98	29,9	14,6	1,03	83
	АМКР	9,1	1,03	29,2	17	1,11	71
2015	Украина	8,3	0,79	29,6	15,3	1,01	83
	АМКР	9,0	0,90	29,8	17	1,09	72

Из сопоставления параметров качественной характеристики шихт видно, что сырьевая база КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» отличается существенно большей зольностью и меньшим содержанием витринита (на 1 % и на 10 % соответственно). Повышенная зольность шихты и недостаточное количество витринита предопределили более высокую зольность производимого кокса, а недостаточное количество витринита в совокупности с существенным старением и износом печного фонда – его меньшую механическую прочность. Так, зольность кокса находилась в диапазоне 12,2-12,9 %, M<sub>25</sub> – 83,4-87,8 %, M<sub>10</sub> – 7,7-8,6 %.

В этой связи ГП «УХИН» были разработаны технические условия для КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» – ТУ У 23.1-00190443-173:2006 «Кокс доменный ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», действующие и в настоящее время [4].

Резюмируя представленные данные по составу и характеристике углей, входящих в сырьевую базу КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», можно констатировать следующие основные принципы ее формирования:

– составы шихт должны базироваться на основе углей разных стран и бассейнов. При этом базовыми являются угли Донецкого и Карагандинского бассейнов

при участии российских углей и углей дальнего зарубежья;

– составы шихт должны разрабатываться с учетом состояния действующего печного фонда и обеспечивать требуемое качество доменного производства.

В настоящее время доменное производство металлургического комбината осваивает технологию вдувания ПУТ в доменную печь № 9. Данная технология предусматривает использование низкореакционного металлургического кокса с высокой механической и послереакционной прочностью.

Одновременно с этим идет строительство новой коксовой батареи с использованием технологии трамбования шихты перед коксованием. Данная технология позволяет использовать большое количество присадочных углей как малометаморфизованных марок (ДГ, Г, ГЖО), так и высоких стадий метаморфизма (КС, КСН, ОС). При этом технология позволяет ограничивать использование жирных углей диапазоном 25-30 %, а необходимость в использовании коксовых углей вообще отпадает.

Получение кокса с низкой реакционной способностью и высокими прогнозными показателями с использованием технологии трамбования также потребует привлечения малосернистых низкоосновных углей раз-

ных бассейнов, в первую очередь присадочных марок, долевое участие которых может достигать 70 %. При разработке составов таких шихт большое значение приобретает параметр давления расширения, особенно высокое у высокометаморфизованных углей. Разработка таких шихт, методов оценки и контроля их свойств (влажность, оптимальное соотношение классов крупности, трамбуюемость, плотность и др.) в настоящее время проводятся КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» в тесном содружестве со специалистами ГП «УХИН».

Рассмотренные аналитические материалы позволяют сделать следующие основные выводы:

Как в настоящее время, так и в перспективе угольная сырьевая база КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» будет носить многообсасейновый характер.

Использование в шихтах собственных активов Карагандинского бассейна в количестве 25-30 % повышает зольность шихты в среднем на 1 % и зольность кокса до 12 % и более.

Внедрение технологии вдувания ПУТ в доменные печи потребует привлечения или изготовления доменного кокса с высокими показателями механической прочности ( $M25 > 88\%$ ,  $M10 < 7,5\%$ ), с низкой реакционной способностью  $CRI < 30-35\%$ ) и высокой горячей прочностью ( $CSR > 55-60\%$ ).

Использование технологии трамбования потребует нового подхода к разработке составов шихт и, прежде

всего, к подбору группы присадочных углей разных стадий метаморфизма.

Использование технологии трамбования потребует применения специальных методов оценки и контроля свойств углей и трамбуемых шихт, а их освоение необходимо осуществить до начала эксплуатации комплекса данной технологии производства кокса.

#### Библиографический список

1. Дродник И.Д. К вопросу получения низкореакционного высокопрочного металлургического кокса / И.Д.Дродник, В.Г.Гусак // Материалы международной конференции «Стратегия качества в промышленности и образовании». Т. 2. – Варна, 2011. – С. 83-86.
2. Гусак В.Г. Проблемы получения низкореакционного высокопрочного доменного кокса на предприятиях компаний «Метинвест» / В.Г.Гусак, Е.Т.Ковалев, И.Д.Дродник // Материалы научно-практической конференции «Koksownictwo-2011», 2011. – С. 42-43.
3. Рыщенко А.И. Факторы, влияющие на формирование свойств доменного кокса / А.И.Рыщенко, И.В.Щулга // Углехимический журнал. – 2009. – № 3-4. – С. 54-56.
4. ТУ У23.1 -00190443-173:2006 «Кокс доменный ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог»

Рукопись поступила в редакцию 15.04.2016

#### THE FEATURES OF FORMATION AND PERSPECTIVES OF THE DEVELOPMENT OF THE COAL RESOURCE BASE FOR COKE PRODUCTION OF PJSC "ARCELORMITTAL KRYVII RIH"

© Romanuk I.V., Sikan I.I., Mukina N.V., Selin S.S. (PJSC "ArcelorMittal Kryyyi Rih"), Drozdnik I.D., PhD in technical sciences, Miroshnichenko D.V., PhD in technical sciences (SE «UKHIN»)

*The principles has been shown of the resource base formation for coal coking on the basis of the lot of coal basins. It has been shown that the basic part of the blend consists of Ukrainian and Karaganda coals (the last – the property of the company), the share of which is more than 55 %. It also has been shown that the presence of Karaganda coals with high content of ash increases the ash content in the blend at average of 1% compared to coal blends of other plants of Ukraine. A low vitrinite content (72 % versus 82 % in the blends of other coking plants) reduces the mechanical strength of coke. The manufacturing application of pulverized coal injection technology will require the use of low-reactive high-strength coke ( $M25 > 88\%$ ,  $M10 < 7,5\%$ ,  $CRI < 35\%$ , the  $CSR > 55\%$ ). The manufacturing application of technology of rammed coal blends coking will require the use of special methods to assess and control the properties of coal and rammed blends.*

Keywords: coke-making, raw material base, coal, ash, vitrinite content, pulverized coal injection technology, technology of rammed coal blends coking, the properties of coke.

