

**ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ХРАНЕНИЯ УГЛЕЙ НА КАЧЕСТВО ПОЛУЧЕННОГО ИЗ НИХ КОКСА**© \*И.Д., Дроздник<sup>1</sup>, Д. В. Мирошниченко<sup>2</sup>, Н.А. Десна<sup>3</sup>, В.В. Коваль<sup>4</sup>*Государственное предприятие «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИН)» 61023, г. Харьков, ул. Веснина, 7, Украина***В.А. Литовка<sup>5</sup>***ООО «МЕТИНВЕСТ ХОЛДИНГ» 69600, г. Запорожье ул. Диагональная 4, Украина***А.С. Гайдаенко<sup>6</sup>, Д.О. Иванов<sup>7</sup>***ЧАО «ЗАПОРОЖКОКС», 69600, г. Запорожье, ул. Диагональная, 4, Украина*<sup>1</sup> Дроздник Игорь Давидович, канд. техн. наук, с.н.с., зав. угольным отделом (УО), e-mail: [yo@ukhin.org.ua](mailto:yo@ukhin.org.ua)<sup>2</sup> Мирошниченко Денис Викторович, докт. техн. наук, гл. научн. сотр. УО, e-mail: [dvmir79@gmail.com](mailto:dvmir79@gmail.com)<sup>3</sup> Десна Наталья Анатольевна, зам. зав. УО, канд. техн. наук, e-mail: [desnana@ukr.net](mailto:desnana@ukr.net)<sup>4</sup> Коваль Валентин Валерьевич, инженер-технолог I категории УО, e-mail: [kovalen79@gmail.com](mailto:kovalen79@gmail.com)<sup>5</sup> Литовка Виталий Анатольевич, директор по ремонтам Операционной дирекции, e-mail: [vitaliy.litovka@metinvestholding.com](mailto:vitaliy.litovka@metinvestholding.com)<sup>6</sup> Гайдаенко Александр Сергеевич, директор по инжинирингу, e-mail: [aleksandr.gaydaenko@metinvestholding.com](mailto:aleksandr.gaydaenko@metinvestholding.com)<sup>7</sup> Иванов Дмитрий Олегович, начальник углеподготовительного цеха, e-mail: [d.o.ivanov@metinvestholding.com](mailto:d.o.ivanov@metinvestholding.com)

*В условиях открытого угольного склада ЧАО «ЗАПОРОЖКОКС» исследовалось влияние сроков хранения углей (в штабелях емкостью ~200 тонн) различных марок на их технологические свойства и качество, полученного из угольных шихт с их участием доменного кокса.*

*Установлено, что хранение углей привело к заметному снижению толщины их пластического слоя, давления растирания, а также содержания углерода и водорода.*

*Объяснением этому явились окислительные процессы, происходящие при хранении углей на открытом воздухе, что подтверждается значительным увеличением показателя окисленности исследованных углей.*

*Определено, что использование в угольных шихтах окисленных углей приводит к ухудшению показателей «механической» ( $M_{25}$ ,  $M_{10}$ ) и «горячей» (CSR) прочности полученного из них доменного кокса.*

Ключевые слова: уголь, сроки хранения, окисленность, качество кокса.

**DOI: 10.31081/1681-309X-2019-0-2-3-9**

\*\*\*\*\*

**П**ереход предприятий ООО «МЕТИНВЕСТ ХОЛДИНГ» на межбассейновую сырьевую базу коксования обусловил длительные сроки транспортировки и хранения коксующихся углей ближнего и дальнего зарубежья. Так, доставка углей из ближнего зарубежья (Россия, Казахстан) составляет, в среднем 15-20 суток, а из дальнего (США, Канада, Австралия) до 45-60 суток. К этому добавляются сроки хранения углей на складах предприятий-поставщиков, в портах отгрузки и выгрузки, транспортирования углей до коксохимического предприятия. Все это, безусловно, влияет на ухудшение в той или иной степени технологических свойств углей, а, следовательно, на качество доменного кокса.

Работы ГП «УХИН» в области изменения свойств углей в условиях их длительного хранения [1-4] позволили выработать предельно допустимые сроки хранения углей различных марок на открытых складах, что зафиксировано в Правилах технической эксплуатации коксохимических предприятий (ПТЭ-2017) [5].

В соответствии с ними, установлены следующие предельные нормы хранения (сутки) углей отдельных марок на полях открытых угольных складов:

\* Автор для корреспонденции

|      | Летний период | Зимний период |
|------|---------------|---------------|
| - Г  | 30            | 45            |
| - Ж  | 95            | 105           |
| - К  | 80            | 95            |
| - ОС | 30            | 45            |

Установленные сроки хранения связаны с изучением их окисленности и влиянием последней на изменение технологических свойств. Для этого был разработан и стандартизован метод определения окисленности и степени окисленности [6].

В производственной деятельности ЧАО «ЗАПОРОЖКОКС» бывают периоды, когда по тем или иным причинам на открытом угольном складе накапливается и длительное время хранится уголь отдельных марок и поставщиков, что в дальнейшем отражается на снижении качественных показателей производимого кокса.

Изучению данного вопроса и посвящена настоящая работа.

В рамках выполнения этого исследования на поле №4 открытого угольного склада утлеподготовительного цеха ЧАО «ЗАПОРОЖКОКС» 14 февраля 2018 года были заложены 4 штабеля угольных концентратов, входящих в сырьевую базу завода, а именно:

1. Штабель №1 – ш/у «Галдинский угольный разрез», марка Г, РФ;
2. Штабель №2 – Wellmore, марка Ж, США;
3. Штабель №3 – ЦОФ «Свято-Варваринская», марка К, Украина;
4. Штабель №4 – Pocahontas, марка ОС, США.



Рис. 1 Площадка и формирование штабеля угольного концентрата

Формирование штабелей происходило следующим образом. Была очищена от остатков угля и выравнена площадка размером приблизительно 50×25 м, после чего грейфером сформированы штабеля емкостью приблизительно 200 т каждый (рис. 1).

Каждый штабель был промаркирован с указанием номера штабеля, наименования угольного концентрата, его марки, а также даты закладки штабеля (рис. 2).

Отметим, что с целью недопущения соединения «подошв» штабелей и, как следствие, смешения компонентов, их формировали в шахматном порядке (рис. 3). Диаметр штабеля по подошве составил приблизительно 12,5 м, а его высота – 6,5 м.



Рис. 2 Маркировка опытных штабелей



Рис. 3 Расположение опытных штабелей на площадке

Согласно программе исследований от каждого из заложенных штабелей отбирались представительные пробы углей, которые впоследствии были комплексно исследованы. Среднемесячные температуры в этот период времени приведены в табл. 1.

Таблица 1

Среднемесячные температуры опытного периода

|                                | Февраль | Март | Апрель | Май  | Июнь | Июль | Август | Сентябрь | Октябрь | Ноябрь | Декабрь |
|--------------------------------|---------|------|--------|------|------|------|--------|----------|---------|--------|---------|
| Среднемесячная температура, °С | -1,7    | -0,2 | 13,3   | 19,4 | 22,8 | 23,8 | 24,7   | 18,6     | 12,4    | 1,4    | -1,0    |

Результаты определения технического ( $A^d$ ,  $S_t^d$ ,  $V^{daf}$ ), и петрографического ( $R_o$ ,  $V_t$ ,  $S_v$ ,  $I$ ,  $L$ ,  $\Sigma OK$ ) анализов исследованных проб углей концентратов представлены в табл. 2.

Можно констатировать, что значения показателей технического и петрографического анализов исследованных проб углей не претерпели существенного изменения и варьируются в интервале погрешности их определения. Что касается пластометрических показателей, то хранение углей привело к заметному сниже-

нию толщины их пластического слоя. Так, толщина пластического слоя снизилась в угле ш/у «Галдинский угольный разрез» – с 12 до 8 мм, в угле Wellmore – с 26 до 14 мм, в угле ОФ «Свято-Варваринская» – с 16 до 12 мм, в угле Pocacontas – с 12 до 9 мм. Параллельно с этим снизилась величина давления расприания этих углей: в угле ш/у «Галдинский угольный разрез» – с 2,7 до 0,8 кПа, в угле Wellmore – с 5,8 до 2,6 кПа, в угле ОФ «Свято-Варваринская» – с 15,6 до 12,0 кПа, в угле Pocacontas – с 21,8 до 14,8 кПа.

Таблица 2

Технологические свойства и петрографическая характеристика угльных концентратов

| Поставщик, страна                    | Марка | Месяц отбора из штабеля | Технический анализ, % |       |         |           | Петрографический состав (без минеральных примесей), % |       |     |      |             | Средний показатель отражения витринита, % |
|--------------------------------------|-------|-------------------------|-----------------------|-------|---------|-----------|---|-------|-----|------|-------------|---|
|                                      |       |                         | $W^a$                 | $A^d$ | $S_t^d$ | $V^{daf}$ | $V_t$   | $S_v$ | $I$ | $L$  | $\Sigma OK$ |   |
| 1                                    | 2     | 3                       | 4                     | 5     | 6       | 7         | 8   | 9     | 10  | 11   | 12          | 13  |
| Ш/у «Галдинский угольный разрез», РФ | Г     | февраль                 | 3,0                   | 8,0   | 0,56    | 36,9      | 77  | 0     | 20  | 3    | 20          | 0,66                                      |
|                                      |       | апрель                  | 2,9                   | 8,1   | 0,57    | 37,1      | 70  | 0     | 28  | 2    | 28          | 0,64                                      |
|                                      |       | май                     | 4,4                   | 7,9   | 0,58    | 36,7      | 73  | 0     | 25  | 2    | 25          | 0,64                                      |
|                                      |       | июнь                    | 2,5                   | 8,3   | 0,55    | 37,2      | 70  | 0     | 28  | 2    | 28          | 0,66                                      |
|                                      |       | июль                    | 2,6                   | 8,4   | 0,55    | 37,2      | 76  | 0     | 23  | 1    | 23          | 0,65                                      |
|                                      |       | август                  | 3,2                   | 8,4   | 0,58    | 36,6      | 79  | 0     | 20  | 1    | 20          | 0,63                                      |
|                                      |       | сентябрь                | 2,7                   | 8,2   | 0,56    | 36,9      | 75  | 0     | 22  | 3    | 22          | 0,66                                      |
|                                      |       | октябрь                 | 3,7                   | 9,0   | 0,55    | 36,6      | 73  | 0     | 23  | 4    | 23          | 0,66                                      |
|                                      |       | ноябрь                  | 2,7                   | 8,0   | 0,51    | 38,6      | 70  | 1     | 26  | 3    | 27          | 0,64                                      |
|                                      |       | декабрь                 | 2,6                   | 11,9  | 0,58    | 36,1      | 73  | 1     | 24  | 2    | 25          | 0,66                                      |
| Wellmore, США                        | Ж     | февраль                 | 1,1                   | 7,5   | 1,11    | 33,3      | 76  | 1     | 19  | 4    | 20          | 0,95                                      |
|                                      |       | апрель                  | 1,3                   | 7,6   | 1,09    | 34,0      | 75  | 0     | 22  | 3    | 22          | 0,94                                      |
|                                      |       | май                     | 1,6                   | 7,5   | 1,08    | 33,1      | 79  | 0     | 17  | 4    | 17          | 0,97                                      |
|                                      |       | июнь                    | 1,2                   | 7,1   | 1,04    | 33,0      | 79  | 0     | 17  | 4    | 17          | 0,96                                      |
|                                      |       | июль                    | 1,3                   | 7,6   | 1,05    | 32,9      | 82  | 0     | 15  | 3    | 15          | 0,96                                      |
|                                      |       | август                  | 1,7                   | 7,5   | 1,10    | 32,9      | 81  | 0     | 17  | 2    | 17          | 0,97                                      |
|                                      |       | сентябрь                | 1,3                   | 8,0   | 1,03    | 32,3      | 81  | 0     | 14  | 5    | 14          | 0,96                                      |
|                                      |       | октябрь                 | 1,3                   | 7,1   | 1,09    | 32,8      | 80  | 0     | 15  | 5    | 15          | 0,96                                      |
|                                      |       | ноябрь                  | 1,4                   | 7,3   | 1,00    | 33,6      | 76  | 0     | 21  | 3    | 21          | 0,95                                      |
| декабрь                              | 1,1   | 9,8                     | 1,00                  | 32,8  | 68      | 0         | 29  | 3     | 29  | 0,94 |             |   |
| ОФ «Свято-Варваринская», Украина     | К     | февраль                 | 1,4                   | 8,9   | 0,74    | 26,9      | 91  | 0     | 8   | 1    | 8           | 1,19                                      |
|                                      |       | апрель                  | 1,1                   | 8,7   | 0,74    | 27,4      | 86  | 0     | 13  | 1    | 13          | 1,19                                      |
|                                      |       | май                     | 1,6                   | 9,0   | 0,75    | 27,2      | 87  | 0     | 11  | 2    | 11          | 1,19                                      |
|                                      |       | июнь                    | 1,2                   | 8,2   | 0,70    | 27,0      | 87  | 0     | 12  | 1    | 12          | 1,17                                      |
|                                      |       | июль                    | 1,1                   | 8,4   | 0,69    | 27,0      | 87  | 1     | 10  | 2    | 11          | 1,19                                      |



Продолжение таблицы 2

| 1                  | 2  | 3        | 4   | 5    | 6    | 7    | 8  | 9 | 10 | 11 | 12 | 13   |
|--------------------|----|----------|-----|------|------|------|----|---|----|----|----|------|
|                    |    | август   | 1,3 | 7,9  | 0,72 | 26,8 | 88 | 0 | 11 | 1  | 11 | 1,20 |
|                    |    | сентябрь | 1,4 | 8,3  | 0,69 | 26,8 | 88 | 0 | 10 | 2  | 10 | 1,20 |
|                    |    | октябрь  | 1,2 | 9,4  | 0,69 | 25,8 | 84 | 0 | 14 | 2  | 14 | 1,21 |
|                    |    | ноябрь   | 1,4 | 8,8  | 0,71 | 26,8 | 84 | 0 | 14 | 2  | 14 | 1,20 |
|                    |    | декабрь  | 1,1 | 10,4 | 0,70 | 26,4 | 85 | 0 | 12 | 3  | 12 | 1,19 |
| Pocahontas,<br>США | ОС | февраль  | 0,8 | 8,0  | 0,74 | 18,3 | 77 | 0 | 23 | 0  | 23 | 1,60 |
|                    |    | апрель   | 0,5 | 8,0  | 0,73 | 18,5 | 75 | 0 | 25 | 0  | 25 | 1,55 |
|                    |    | май      | 1,0 | 8,1  | 0,73 | 18,0 | 77 | 1 | 22 | 0  | 23 | 1,56 |
|                    |    | июнь     | 0,8 | 8,4  | 0,73 | 17,6 | 81 | 0 | 19 | 0  | 19 | 1,55 |
|                    |    | июль     | 0,7 | 8,0  | 0,75 | 17,4 | 80 | 0 | 20 | 0  | 20 | 1,55 |
|                    |    | август   | 0,8 | 8,2  | 0,78 | 17,7 | 82 | 0 | 18 | 0  | 18 | 1,55 |
|                    |    | сентябрь | 1,0 | 8,4  | 0,78 | 17,7 | 78 | 0 | 22 | 0  | 22 | 1,54 |
|                    |    | октябрь  | 1,0 | 7,8  | 0,79 | 18,3 | 68 | 1 | 31 | 0  | 32 | 1,58 |
|                    |    | ноябрь   | 0,9 | 10,1 | 0,85 | 18,1 | 74 | 1 | 25 | 0  | 26 | 1,58 |
|                    |    | декабрь  | 0,7 | 7,8  | 0,83 | 17,9 | 75 | 1 | 24 | 0  | 25 | 1,52 |

Данное обстоятельство должно непременно отразиться на механической прочности получаемого из этих углей доменного кокса.

По всей видимости, объяснением этому могут являться окислительные процессы, проходящие при хранении углей на открытом воздухе. Подтверждением может служить значительное увеличение показателя окисленности исследованных углей. Так, показатель окисленности угля ш/у «Талдинский угольный разрез» возрос с 3 до 18 °С, Wellmore – с 3 до 8 °С, ОФ «Свято-Варваринская» – с 3 до 9 °С, Pocahontas – с 5 до 16 °С.

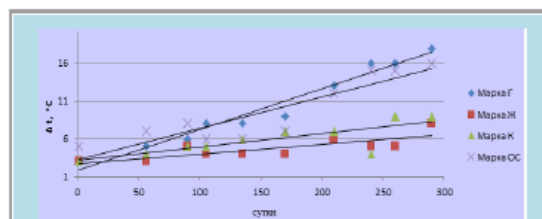


Рис. 5 График изменения окисленности угльных концентратов от времени их хранения в штабелях

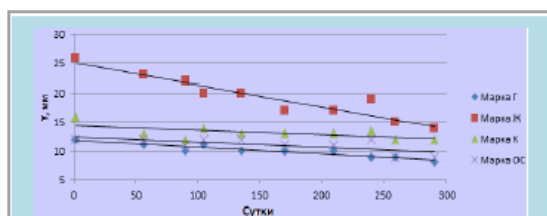


Рис. 4 График зависимости изменения толщины пластического слоя в угльных концентратах от времени их хранения в штабелях

Наглядно изменение показателей толщины пластического слоя, окисленности и давления расприрания от срока их хранения в штабелях представлено соответственно на рис. 4-6, а на рис. 7-9 представлены графики зависимости содержания соответственно углерода, водорода и кислорода в исследованных углях от срока их хранения в штабелях.

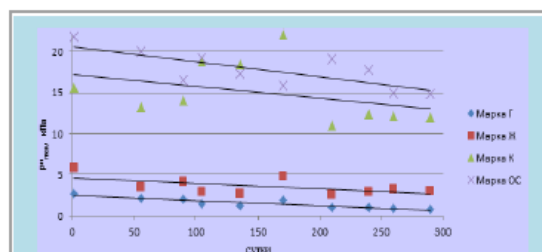


Рис. 6 График изменения давления расприрания угльных концентратов от времени их хранения в штабелях

На представленных зависимостях можем наблюдать снижение содержания углерода ( $C^{daf}$ ) и водорода ( $H^{daf}$ ) с течением времени в углях всех четырех основных марок и, в то же время, возрастание содержания кислорода ( $O_d^{daf}$ ) за аналогичный период.

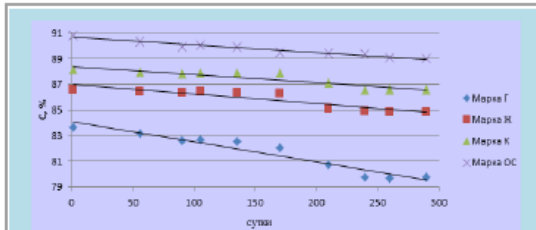


Рис. 7 График зависимости содержания углерода в угольных концентратах от времени их хранения в штабелях

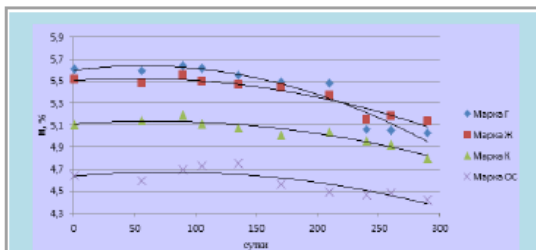


Рис. 8 График зависимости содержания водорода в угольных концентратах от времени их хранения в штабелях

Для изучения влияния окисления углей на показатели их коксующести были проведены лабораторные коксования угольных шихт, которые включали в себя угольные концентраты, отобранные в различные периоды их хранения.

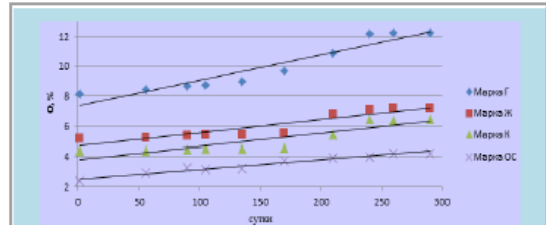


Рис. 9 График зависимости содержания кислорода в угольных концентратах от времени их хранения в штабелях

Марочный и компонентный составы шихты для коксования приведены в табл. 3, а в табл. 4, 5 приведены технологические свойства и петрографическая характеристика опытных угольных шихт.

Таблица 3

Марочный и компонентный составы опытной шихты

| Поставщик, страна                    | Марка | Участие в шихте, % |
|--------------------------------------|-------|--------------------|
| Ш/у «Талдинский угольный разрез», РФ | Г     | 25                 |
| Wellmore, США                        | Ж     | 35                 |
| ОФ «Свято-Варваринская», Украина     | К     | 25                 |
| Pocahontas, США                      | ОС    | 15                 |

Анализируя приведенные данные, можно сказать, что, как и в исследованных компонентах (табл. 2), показатели технического анализа шихты ( $A^d$ ,  $S_t^d$ ,  $V^{daf}$ ) в течение всего анализируемого периода менялись незначительно, в интервале допустимой погрешности измерений. Вместе с тем наблюдается заметное снижение спекаемости (с 17 до 13 мм) и давления расширения (с 9,9 до 6,2 кПа) угольных шихт, что должно отразиться на качестве получаемого из них лабораторного кокса.

Составленные и подготовленные угольные шихты были прококсованы в лабораторной 5-кг печи конструкции ГП «УХИИ».

Для полученных из опытных шихт коксов, кроме показателей прочности и истираемости, были опреде-

лены показатели технического анализа, структурная прочность по Грязнову, абразивная твердость по Гинзбургу, а также показатели реакционной способности CRI и послереакционной прочности CSR по ДСТУ 4703:2006 (табл. 6).

Как видно из данной таблицы, все полученные в 5 кг печи коксы имеют зольность в интервале значений от 10,2 до 11,1 %; содержание серы укладывается в диапазон значений 0,64-0,71 %; выход летучих веществ не превышает величины, равной 0,7 %, что свидетельствует о достаточном уровне «готовности» лабораторного кокса. Выход кокса соответствует выходу летучих веществ из соответствующих шихт и составляет 73,7-74,1 %.

Таблица 4

Технологические свойства угольных опытных шихт

| № п/п | Месяц отбора из штабеля | Технический анализ, % |                             |                  | Пластометрические показатели, мм |    | Давление расприраия, кПа |
|-------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------|----------------------------------|----|--------------------------|
|       |                         | A <sup>d</sup>        | S <sub>t</sub> <sup>d</sup> | V <sup>def</sup> | x                                | y  |                          |
| 1     | февраль                 | 8,0                   | 0,84                        | 30,4             | 28                               | 17 | 9,9                      |
| 2     | апрель                  | 8,1                   | 0,81                        | 30,7             | 24                               | 16 | 9,7                      |
| 3     | май                     | 7,9                   | 0,81                        | 30,1             | 28                               | 15 | 9,3                      |
| 4     | июнь                    | 8,0                   | 0,80                        | 29,9             | 28                               | 15 | 9,0                      |
| 5     | июль                    | 8,1                   | 0,82                        | 30,2             | 28                               | 15 | 8,4                      |
| 6     | август                  | 8,2                   | 0,84                        | 30,0             | 28                               | 14 | 7,3                      |
| 7     | сентябрь                | 8,2                   | 0,79                        | 29,9             | 24                               | 14 | 6,8                      |
| 8     | октябрь                 | 8,3                   | 0,80                        | 29,8             | 32                               | 13 | 6,7                      |
| 9     | ноябрь                  | 8,1                   | 0,81                        | 29,9             | 29                               | 13 | 6,6                      |
| 10    | декабрь                 | 8,0                   | 0,81                        | 29,5             | 26                               | 13 | 6,2                      |

Таблица 5

Петрографическая характеристика исследованных опытных угольных шихт

| № п/п | Месяц отбора из штабеля | Петрографический состав (без минеральных примесей), % |    |    |   |     | Средний показатель отражения витринита, % | Стадии метаморфизма витринита, % |  |             |             |             |             |
|-------|-------------------------|---|----|----|---|-----|---|----------------------------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
|       |                         |   |    |    |   |     |   | 0,50 – 0,79                      | 0,80 – 0,89  | 0,90 – 1,19 | 1,20 – 1,39 | 1,40 – 1,69 | 1,70 – 2,59 |
|       |                         | Vt  | Sv | I  | L | ΣOK |   | R <sub>o</sub>                   | Марки угля, условно соответствующие стадиям метаморфизма витринита |             |             |             |             |
|       |                         |   |    |    |   |     | ДГ+Г                                      | ГЖО+ГЖ                           | Ж  | К           | ОС          | Т           |             |
| 1     | февраль                 | 80  | 0  | 17 | 3 | 17  | 1,04                                      | 28                               | 7  | 38          | 18          | 7           | 2           |
| 2     | апрель                  | 78  | 0  | 19 | 3 | 19  | 1,06                                      | 22                               | 11   | 40          | 17          | 8           | 2           |
| 3     | май                     | 78  | 0  | 19 | 3 | 19  | 1,05                                      | 23                               | 9  | 38          | 20          | 9           | 1           |
| 4     | июнь                    | 80  | 0  | 18 | 2 | 18  | 1,05                                      | 18                               | 10   | 40          | 22          | 10          | 0           |
| 5     | июль                    | 81  | 0  | 17 | 2 | 17  | 1,04                                      | 21                               | 11   | 36          | 21          | 11          | 0           |
| 6     | август                  | 83  | 0  | 15 | 2 | 15  | 1,05                                      | 25                               | 7  | 40          | 17          | 10          | 1           |
| 7     | сентябрь                | 78  | 0  | 20 | 2 | 20  | 1,05                                      | 20                               | 4  | 49          | 19          | 7           | 1           |
| 8     | октябрь                 | 77  | 0  | 20 | 3 | 20  | 1,01                                      | 28                               | 4  | 44          | 17          | 7           | 0           |
| 9     | ноябрь                  | 75  | 0  | 21 | 4 | 21  | 1,00                                      | 28                               | 5  | 47          | 11          | 8           | 1           |
| 10    | декабрь                 | 75  | 0  | 23 | 2 | 23  | 1,02                                      | 29                               | 8  | 38          | 13          | 10          | 1           |

Однако, как уже отмечалось выше, снижение показателей спекаемости и давления расприраия шихт не могло не сказаться на показателях полученного из них доменного кокса. В частности, показатели механической прочности  $P_{25}$  и  $I_{10}$  ухудшились с 93,9 до 91,2 и с 5,5 до 6,8 % соответственно; показатели абразивной твердости и структурной прочности снизились с 63,7 до 57,7 мг и с 89,7 до 82,0 % соответственно.

Параллельно с ухудшением показателей, характеризующих механическую прочность кокса, происходит снижение уровня показателей, характеризующих «горячую» прочность кокса, а именно: реакционная способность (CRI) возросла с 32,6 до 46,5 %, а послереакционная прочность (CSR) снизилась с 55,4 до 28,4 %.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие основные выводы:

1. Длительное хранение углей привело к заметному снижению толщины их пластического слоя, давления расприраия, а также содержания углерода и водорода. Это объясняется окислительными процессами, происходящими при хранении углей на открытом воздухе. Подтверждением этому служит значительное увеличение показателя окисленности исследованных углей.

2. Определено, что использование для составления угольных шихт окисленных углей приводит к ухудшению показателей «механической» ( $M_{25}$ ,  $M_{10}$ ) и «горячей» (CSR) прочности, полученного из них доменного кокса.

3. Подтверждены предельные нормы хранения углей отдельных марок на полях открытых угольных складов

Таблица 6

Технический анализ, выход и показатели механической прочности полученных коксов

| № п/п | Месяц отбора из штабеля | Технический анализ, % |                             |                  | Выход кокса, % | Механическая прочность, % |                 | Показатель абразивной твердости по Гинзбургу, мг | Показатель структурной прочности по Грязнову, % | Реакционная способность и послереакционная прочность кокса, % |      |
|-------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------|----------------|---------------------------|-----------------|--|---|---|------|
|       |                         | A <sup>d</sup>        | S <sub>t</sub> <sup>d</sup> | V <sup>daf</sup> |                | В <sub>ж</sub>            | Π <sub>25</sub> |  |   | И <sub>10</sub>   | AT   |
| 1     | февраль                 | 10,6                  | 0,64                        | 0,4              | 73,9           | 93,9                      | 5,5             | 63,7   | 89,7  | 32,6  | 55,4 |
| 2     | апрель                  | 10,6                  | 0,67                        | 0,5              | 73,8           | 93,0                      | 5,6             | 63,7   | 89,5  | 35,4  | 50,7 |
| 3     | май                     | 10,2                  | 0,68                        | 0,4              | 73,8           | 92,6                      | 5,8             | 63,5   | 89,3  | 36,9  | 50,0 |
| 4     | июнь                    | 10,2                  | 0,69                        | 0,6              | 73,9           | 92,4                      | 6,3             | 62,3   | 88,1  | 39,5  | 40,1 |
| 5     | июль                    | 10,5                  | 0,68                        | 0,4              | 73,7           | 92,3                      | 6,3             | 60,7   | 87,5  | 42,8  | 36,4 |
| 6     | август                  | 10,1                  | 0,65                        | 0,5              | 74,1           | 92,2                      | 6,3             | 59,8   | 85,5  | 43,6  | 34,4 |
| 7     | сентябрь                | 11,1                  | 0,71                        | 0,7              | 73,9           | 92,2                      | 6,4             | 59,4   | 84,3  | 44,3  | 33,7 |
| 8     | октябрь                 | 10,7                  | 0,66                        | 0,7              | 74,1           | 92,0                      | 6,7             | 58,7   | 83,6  | 45,7  | 32,4 |
| 9     | ноябрь                  | 10,8                  | 0,66                        | 0,5              | 73,9           | 91,9                      | 6,8             | 58,0   | 82,2  | 46,5  | 28,7 |
| 10    | декабрь                 | 11,0                  | 0,68                        | 0,5              | 73,9           | 91,2                      | 6,9             | 57,7   | 82,0  | 45,9  | 28,4 |

## Библиографический список

1. Дроздник Л.Д. Стандартизування сучасних методів визначення якості вугільної сировини для коксування / Л.Д. Дроздник, Д.В. Мірошніченко, М.Б. Головка, О.В. Іванова, Н.А. Десна // УглеХимический журнал. – 2011. – № 5-6. – С. 27-39.
2. Мірошніченко Д.В. Исследование кинетических характеристик окисления углей / Д.В. Мірошніченко, Л.Д. Дроздник, Ю.С. Кафтан, Е.В. Іванова, К.Н. Сорокопяга, Н.А. Десна // Кокс и химия. – 2012. – № 3. – С. 6-15.
3. Мірошніченко Д.В. Лабораторные и опытно-промышленные коксования угольных шихт с различным долевым участием окисленных углей / Д.В. Мірошніченко, Л.Д. Дроздник, Ю.С. Кафтан, Н.Б. Бидоленко, Н.А. Десна // Кокс и химия. – 2012. – № 5. – С. 6-16.
4. Овчинникова С.А. Совершенствование метода по определению окисленности углей в ЦЗЛ ПАО «ЗАПОРОЖКОКС» / С.А. Овчинникова, Т.Г. Кіриллова, Д.В. Мірошніченко, Н.А. Десна, Е.В. Іванова // УглеХимический журнал. – 2014. – № 1-2. – С. 17-25.
5. Правила технической эксплуатации коксохимических предприятий ППЭ 2017 / Под руководством В.И. Рудыки, С.А. Кравченко. ГП «ГИПРОКОКС» // ООО «БЭТ» – Харьков – 2017. – С. 281
6. ДСТУ 7611–2014 «Вугілля кам'яне. Метод визначення окиснення та ступеня окиснення». [Чинний від 2014-12-29 № 1485].

Рукопись поступила в редакцию 02.02.2019

## THE INFLUENCE OF THE STORAGE TIME OF COALS ON THE QUALITY OF COKE

© L.D. Drozdnyk, PhD in Technical Sciences, D.V. Miroshnichenko, Doctor of Technical Sciences, N.A. Desna, PhD in Technical Sciences, V.V. Koval (SE "UKHIN"), V.A. Litovka (LLC "METINVEST HOLDING"), A.S. Gaydaenko, D.O. Ivanov (PJSC "ZAPOROZHKOXS")

*In the conditions of the open coal warehouse of PJSC "ZAPOROZHKOXS", the influence of the storage times of coal (in piles with a capacity of ~ 200 tons) of various grades on their technological properties and quality obtained from the coal charges with their participation, blast-furnace coke was investigated.*

*It has been established that the storage of coal led to a noticeable decrease in the thickness of their plastic layer, the expansion pressure, and also the content of carbon and hydrogen.*

*This was explained by the oxidation processes occurring during the storage of coal in the open air, which is confirmed by a significant increase in the oxidation index of the coal studied.*

*It was determined that the use of oxidized coal in coal mixtures leads to a deterioration in the "mechanical" (M<sub>25</sub>, M<sub>10</sub>) and "hot" (CSR) indicators of the strength of blast furnace coke obtained from them.*

Keywords: coal, shelf life, oxidation, quality of coke.



## ВПЛИВ ТЕРМІНІВ ЗБЕРІГАННЯ ВУГІЛЛЯ НА ЯКІСТЬ ОТРИМУВАНОВОГО КОКСУ

© І.Д. Дроздник, к.т.н., Д.В. Мирошніченко, д.т.н., Н.А. Десна, к.т.н., В.В. Коваль (ДП «УХІН»), В.А. Лигівка (ООО «МЕТІНВЕСТ ХОЛДІНГ»), О.С. Гайдаєнко, Д.О. Іванов (ПРАТ «ЗАПОРІЖКОКС»)

*В умовах відкритого вугільного складу ПРАТ «ЗАПОРІЖКОКС» досліджувався вплив термінів зберігання вугілля (в штабелях ємністю ~ 200 тон) різних марок на його технологічні властивості і якість отриманого з вугільних шихт з його участю доменного коксу.*

*Встановлено, що зберігання вугілля призвело до помітного зниження товщини пластичного шару, тиску розтирання, а також вмісту вуглецю і водню.*

*Поясненням цьому є окиснювальні процеси, що відбуваються при зберіганні вугілля на відкритому повітрі. Це підтверджується значним збільшенням показника окиснення дослідженого вугілля.*

*Визначено, що використання у вугільних шихтах окисненого вугілля призводить до погіршення показників «механічної» (M25, M10) і «гарячої» (CSR) міцності отриманого з нього доменного коксу.*

Ключові слова: вугілля, терміни зберігання, окиснення, якість коксу.

УДК 662.642/667

## ИЗМЕНЕНИЕ ФАКТИЧЕСКОЙ МАССЫ УГЛЯ ПРИ ЕГО РАЗМОРАЖИВАНИИ

© Г.Г.Клешня<sup>1</sup>, А.В.Косминский<sup>2</sup>

ЧАО «Авдеевский коксохимический завод», 86060г. Авдеевка, Индустриальный проспект, 1, Донецкая обл., Украина

И.Д. Дроздник<sup>3</sup>

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

Д.В.Мирошниченко<sup>4</sup>

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», 61002, г. Харьков, ул. Кирпичова, 2, Украина

Е.О.Шмельцер<sup>5</sup>

Криворожский металлургический институт Национальной металлургической академии Украины, 50006, г. Кривой Рог, ул. Степана Тильги, Днепропетровская обл., Украина

В.И. Мещанин<sup>6</sup>

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

<sup>1</sup>Клешня Григорий Григорьевич, канд. техн. наук, директор по технологии и качеству, e-mail: [Grigoriy.Kleshnya@metinvestholding.com](mailto:Grigoriy.Kleshnya@metinvestholding.com)

<sup>2</sup>Косминский Александр Викторович, начальник УПП-2, e-mail: [Aleksandr.kosminskij@akhz.com.ua](mailto:Aleksandr.kosminskij@akhz.com.ua)

<sup>3</sup>Дроздник Игорь Давидович, канд. техн. наук, с.н.с., зав. угольным отделом, e-mail: [yo@ukhin.org.ua](mailto:yo@ukhin.org.ua)

<sup>4</sup>Мирошниченко Денис Викторович, доктор техн. наук, с.н.с., зав. кафедрой технологии переработки нефти, газа и твердого топлива, e-mail: [dvmir79@gmail.com](mailto:dvmir79@gmail.com)

<sup>5</sup>Шмельцер Екатерина Олеговна, канд. техн. наук, доцент кафедры химических технологий и инженерии, e-mail: [shmelka0402@gmail.com](mailto:shmelka0402@gmail.com)

<sup>6</sup>Мещанин Валерий Иванович, ведущий инженер угольного отдела, e-mail: [valerameshchanin@gmail.com](mailto:valerameshchanin@gmail.com)

\* Автор для корреспонденции