

**А.Д. ПОЛУЛЯХ**, д-р техн. наук

(Україна, Дніпропетровськ, ОП "Укрніиуглеобогашение" ГП "НТЦ "Углеинновация"),

**И.В. ЕРЕМЕЕВ**

(Россія, Гуково, ЦОФ "Гуковская")

## **ОСОБЕННОСТИ ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЕЙ ООО "ШУ "САДКИНСКОЕ" С БОЛЬШИМ СОДЕРЖАНИЕМ ЛЕГКОРАЗМОКАЕМОЙ ПОРОДЫ НА ЦОФ "ГУКОВСКАЯ"**

### *Проблема и ее связь с научными и практическими задачами*

В последнее время повышение эффективности обогащения углей достигается приспособлением действующих технологических схем углеобогащительных фабрик к качеству исходного сырья. Особенно это актуально для фабрик, поступающее сырье которых значительно отличается от проектного не только по гранулометрическому и фракционному, но и по минералогическому и петрографическому составам.

В связи с включением рядовых углей ООО "ШУ "Садкинское" в сырьевую базу ЦОФ "Гуковская", представляют интерес результаты решения данной проблемы на данной фабрике.

### *Анализ исследований и публикаций*

Исследования многих авторов посвящены особенностям обогащения углей, отличающихся специфическими свойствами [1, 2]. Необходимо отметить особенности обогащения газовых углей с легкоразмокаемой породой на ЦОФ "Павлоградская" [3]. Результаты этих исследований указывают на необходимость максимально быстрого вывода породы из процессов обогащения и тонкодисперсных глинистых частиц из оборотной воды [4, 5].

### *Постановка задачи*

Целью данной работы является продолжение исследований по обогащению углей с легкоразмокаемой породой в случае переработки антрацита.

### *Изложение материала и результаты*

Результаты исследований микро-петрографического состава угля ООО "ШУ "Садкинское" (табл. 1) поставляемый на ОАО "ЦОФ "Гуковская" показали, что уголь имеет сложный петрографический состав: содержание витринита составляет -54%, отошающих компонентов ( $\Sigma$ ОК) – 46%. Показатель отражения витринита  $R_0$  равен – 4,09%.

Минеральная часть исследуемой пробы представлена глинистым веществом, карбонатами, кварцем и пиритом. Глинистое вещество можно наблюдать в виде отдельных обломков, а также в виде сростков с органической массой угля, которая образует вкрапления, и заполняет полосы фюзенизированных тканей. Карбонаты представлены кальцитом, который присутствует как в свободном

**Збагачення корисних копалин, 2014. – Вип. 57(98)**

## **Загальні питання технології збагачення**

виде, так и в сростках с глиной. Кварц наблюдаем в виде отдельных зерен, так и сростках с органикой. Пирит наблюдаем в виде дисперсной рассеянности в глине, а также в органической массе угля.

Минеральная часть "пластушки" представлена значительным количеством минеральных примесей, глинистым веществом, карбонатами, кварцем и пиритом. Органическая часть представлена незначительным количеством зерен. Глинистое вещество встречаем в виде отдельных зерен, а также в виде мелкой вкрапленности в органике. Карбонаты представлены кальцитом и небольшим количеством сидерита, которые наблюдаем в виде сростков с глиной. Большое количество пирита наблюдаем в виде дисперсной рассеянности в глине, а также иногда встречаем пирит вкрапленный в органике.

Выход летучих веществ составляет 2,7%, объемный выход летучих веществ равен 103 см<sup>3</sup>/г, высшая теплота сгорания равна 30,55 МДж/кг (7297 ккал/кг), низшая теплота сгорания равна 17,19 МДж/кг (4106 ккал/кг).

В соответствии с ГОСТ 25543-88 уголь относится к марке А (антрацит).

Элементный состав характеризуется содержанием углерода – 94,7% и водорода – 2,0%.

По химическому составу зола представлена тугоплавкими оксидами кремния (53,3%) и алюминия (26,9%).

Таблица 1

Петрографический состав рядового угля и "пластушки" ООО ШУ "Садкинская"

| Показатели                               | Условные обозначения | Значения показателя рядового угля | Значения показателя "пластушки" |
|--|----------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Минеральный состав угля, %               |                      |                                   |                                 |
| чистый уголь                             | –                    | 68                                | 12                              |
| глинистое вещество                       | Mgl                  | 27                                | 78                              |
| сульфиды                                 | Ms                   | 2                                 | 4                               |
| карбонаты                                | Mк                   | 2                                 | 4                               |
| кварц                                    | Mкz                  | 1                                 | 2                               |
| Мацеральный состав чистого угля, %       |                      |                                   |                                 |
| витринит                                 | Vt                   | 54                                | –                               |
| экзинит (липтинит)                       | L                    | –                                 | –                               |
| семивитринит                             | Sv                   | –                                 | –                               |
| инертинит                                | I                    | 46                                | –                               |
| Сумма фюзенизированных компонентов, %    | ΣOK                  | 46                                | –                               |
| Показатель отражения витринита, %        | Ro                   | 4,09                              | –                               |
| Показатель анизотропии отражения, %      | A <sub>R</sub>       | 79,95                             | –                               |
| Окисленность петрографическим методом, % | Okп                  | Нет                               | –                               |

Ситовый анализ показал, что в гранулометрическом составе рядового угля (табл. 2) выход класса более 13 мм равен 56,0% зольностью 44,7%, выход класса 0-13 мм равен 44,0% зольностью 31,5%, в том числе класса 0-0,5 мм – 6,6% зольностью 37,2%.

## **Загальні питання технології збагачення**

Содержание минеральных примесей в классе более 25 мм составляет 18,3% зольностью 88,2%. Зольность рядового угля – 38,9%.

Исследования механической прочности показали (табл. 3), что уголь ( $F = 1,06$ ) и вмещающие породы ( $F = 2,43$ ) относятся к средней крепости, пластушки ( $F = 1,52$ ) – довольно мягкие. Коэффициент размолоспособности, определенный на приборе Хардгрова в соответствии ГОСТ 15489.2-93 (ИСО 5074-80) и характеризующий сопротивление угля размолу, равен 43 единицам.

*Таблица 2*

Гранулометрический состав рядового угля

| Классы, мм          | Выход, %     | Зольность, % |
|---------------------|--------------|--------------|
| 300-500             | 0,9          | 91,0         |
| 200-300             | 2,9          | 47,3         |
| <b>Более 200</b>    | <b>3,8</b>   | <b>57,6</b>  |
| 150-200             | 2,7          | 73,2         |
| 100-150             | 7,3          | 54,4         |
| <b>Более 100</b>    | <b>13,8</b>  | <b>59,0</b>  |
| 50-100              | 10,1         | 46,3         |
| 25-50               | 14,5         | 38,8         |
| <b>Более 25</b>     | <b>38,4</b>  | <b>48,0</b>  |
| 13-25               | 17,6         | 37,4         |
| <b>Более 13</b>     | <b>56,0</b>  | <b>44,7</b>  |
| 6-13                | 13,4         | 32,8         |
| 3-6                 | 11,5         | 28,9         |
| 1-3                 | 8,9          | 29           |
| 0,5-1               | 3,6          | 30,2         |
| 0-0,5               | 6,6          | 37,2         |
| В том числе         |              |              |
| 0,2-0,5             | 2,7          | 30,5         |
| 0,1-0,2             | 1,1          | 32,0         |
| 0,05-0,1            | 0,9          | 34,2         |
| 0-0,05              | 1,9          | 51,2         |
| <b>Итого 0,5-13</b> | <b>37,4</b>  | <b>30,4</b>  |
| <b>Итого 0-13</b>   | <b>44,0</b>  | <b>31,5</b>  |
| <b>ВСЕГО</b>        | <b>100,0</b> | <b>38,9</b>  |

*Таблица 3*

Показатели механической прочности угля, вмещающей породы и "пластушки"

| Наименование пробы | Коэффициент крепости (метод толчения) | Механическая прочность, %              |                                   |
|--------------------|---------------------------------------|--|-----------------------------------|
|                    |                                       | в большом барабане (класс более 13 мм) | в малом барабане (класс 25–50 мм) |
| Уголь              | 1,06                                  | 47,1                                   | 60,0                              |
| "Пластушки"        | 1,52                                  | –                                      | 47,0                              |
| Вмещающ. порода    | 2,43                                  | –                                      | 57,0                              |

## **Загальні питання технології збагачення**

Результаты исследований размокаемости породы и "пластушки" показали, что вмещающие породы – легко размокаемые. В процессе обогащения до 4,5% породы может перейти в тонкодисперсное состояние (табл. 4).

Таблица 4

| Результаты исследований размокаемости породы и "пластушки" |                  |             |
|--|------------------|-------------|
| Классы, мм   | Вмещающая порода | "Пластушки" |
| Более 0,05   | 95,5             | 96,5        |
| 0-0,05   | 4,5              | 3,5         |

Фракционный анализ выполнен по элементарным классам 50-100; 25-50; 13-25; 6-13; 3-6; 1-3; 0,5-1 и 0-0,5 мм.

По ситовому и фракционному анализам следует отметить, что по форме и цвету уголь представлен блестящими включениями антрацита и матовыми "пластушками", причем, блестящий антрацит содержится в низкочольных фракциях угля (менее 1600 кг/м<sup>3</sup>), с уменьшением его содержания в более высокозольных фракциях (более 1600 кг/м<sup>3</sup>). "Пластушки" же, наоборот, преобладают в более тяжелых фракциях. Кроме того, в одной и той же фракции, зольность блестящего антрацита ниже зольности матовой пластушки на 2-8%.

Действительная плотность "пластушки" составляет 2,55 г/см<sup>3</sup>.

Выход фракции менее 2000 кг/м<sup>3</sup> по машинным классам и в рядовом угле составляет 53,7-69,8%. Зольность фракции менее 2000 кг/м<sup>3</sup> колеблется от 8,2 до 15,1%.

Содержание породных примесей плотностью более 2000 кг/м<sup>3</sup> составляет от 30,2 до 46,3%.

Зольность породных примесей равна 76,1-86,7%.

Рядовой уголь и уголь классов более 13 мм и класс 0,5-13 мм относятся к средней категории обогатимости, а класс 0-0,5 мм – к очень трудной категории обогатимости.

По результатам фракционного анализа исследованного угля составлен теоретический баланс продуктов обогащения (табл. 5.).

Теоретический выход концентрата, при разделении угля по плотностям 1800 и 2000 кг/м<sup>3</sup>, составляет 55,43% зольностью 6,1%, промпродукта – 4,98% зольностью 38,8% и отходов – 39,59% зольностью 84,7%.

При разделении угля по плотности 2000 кг/м<sup>3</sup> теоретический выход концентрата составляет 60,41% зольностью 8,8%.

В процессе транспортирования рядового угля на фабрику и накопления его в дозирочных бункерах, переизмельчение угля и "пластушки" составляет 3-7%, где зольность класса 0-6мм увеличивается на 4-5%. Данные свойства угля ООО "ШУ "Садкинское" определяют особенности его обогащения по следующим технологическим процессам: сухой отсев класса 0-6 мм с помощью струнных грохотов ГСС-41.

В классических водно-шламовых схемах при глубине обогащения до 1,5 мм норма расхода воды при мокрой классификации составляет от 1,3-1,5 м<sup>3</sup>/т, где часть машинного класса не успевает обесшламливаться из-за

## Загальні питання технології збагачення

недостаточного количества времени данного технологического процесса, повышенной влажности рядового угля, слипания угля и другим причинам.

Таблица 5

| Теоретический баланс продуктов обогащения рядового угля |   |              |              |              |
|---|---|--------------|--------------|--------------|
| Наименование<br>продуктов, классы, мм                   | Плотность разделения, кг/м <sup>3</sup> |              |              |              |
|   | 1800, 2000                              |              | 2000         |              |
|   | выход, %                                | зольность, % | выход, %     | зольность, % |
| <b>Концентрат</b>                                       |   |              |              |              |
| Более 13  | 27,70                                   | 5,9          | 30,09        | 8,5          |
| 0,5-13  | 24,23                                   | 5,7          | 26,11        | 8,2          |
| 0-0,5   | 3,50                                    | 10,8         | 4,21         | 15,1         |
| <b>Итого</b>  | <b>55,4</b>                             | <b>6,1</b>   | <b>60,4</b>  | <b>8,8</b>   |
| <b>Промпродукт</b>                                      |   |              |              |              |
| Более 13  | 2,40                                    | 38,8         | –            | –            |
| 0,5-13  | 1,88                                    | 39,9         | –            | –            |
| 0-0,5   | 0,71                                    | 36,3         | –            | –            |
| <b>Итого</b>  | <b>5,0</b>                              | <b>38,8</b>  | –            | –            |
| <b>Отходы</b>   |   |              |              |              |
| Более 13  | 25,91                                   | 86,7         | 25,91        | 86,7         |
| 0,5-13  | 11,29                                   | 82,0         | 11,29        | 82,0         |
| 0-0,5   | 2,39                                    | 76,1         | 2,39         | 76,1         |
| <b>Итого</b>  | <b>39,6</b>                             | <b>84,7</b>  | <b>39,6</b>  | <b>84,7</b>  |
| <b>Рядовой уголь</b>                                    | <b>100,0</b>                            | <b>38,9</b>  | <b>100,0</b> | <b>38,9</b>  |

На ОАО "ЦОФ "Гуковская" пошли по другому пути. Изготовили и смонтировали аппарат (смачиватель) по принципу элеваторного колеса тяжелосреднего сепаратора СКВП-20 только большего объема. Способ мокрого обесшламливания угля перед обогащением, включающий смачивание угля водой, разделение по крупности на грохоте, отличающийся тем, что, с целью уменьшения удельного расхода воды, повышения качества продуктов, смачивание рядового угля оборотной водой производится в емкости без перелива с одновременным перемешиванием угля в ковшах смачивателя, после которого производится выгрузка материала на грохот с одновременным обезвоживанием, при этом уровень жидкости в емкости поддерживают постоянным. Удельный расход воды составляет 0,3 м<sup>3</sup>/т, что в 4-5 раза меньше, чем при работе мокрой классификации с классической схемой. Установленная производственная мощность фабрики по переработке антрацитов – 4800 т.т. в год. При часовой нагрузке 600 т/час расход потребляемой воды по фабрике составляет 80-200 м<sup>3</sup>/час.

Технологическая схема фабрики предусматривает обогащение класса +10,0 мм в тяжелосредних сепараторах СКВП-20; обогащение класса 2,5-10,0 мм в модернизированном тяжелосреднем сепараторе СКВП-20, защищенном патентом РФ; обогащение класса 0,2-2,5 мм в спиральных сепараторах МХ7 производства ЮАР; обесшламливание мелкого машинного класса по крупности 3 мм с помощью пластинчатого сгустителя; применение для обработки шламов батарейных гидроциклонов БГЦ-24/100, грохотов ГВЧ-41,

## **Загальні питання технології збагачення**

ГВЧ-41М и ЛСХ-15; вывод тонких илов с помощью гравитационного сгустителя, защищенного патентом РФ.

При обогащении рядового угля с ООО "ШУ "Садкинское" специалисты фабрики столкнулись с рядом специфических вопросов, ухудшающих работу фабрики: дополнительное переизмельчение и шламообразование с увеличением зольности исходного угля по классам, наличие в рядовом угле "пластушки", где зольность блестящего антрацита ниже зольности матовой "пластушки" на 2-8%, ухудшение процесса вывода шлама и осветление оборотной воды на пластинчатом и гравитационном сгустителе более чем в 1,5 раза. Вследствие самоизмельчения, истирания угля и породных примесей (относительная измельчаемость класса более 13 мм составляет 45,5%), количество шламов класса 0-0,5 мм увеличилось на 7,8% и достигает 14,4% зольностью 41,6%, в том числе класса 0-0,05 мм – 5,0% с зольностью 55,5%.

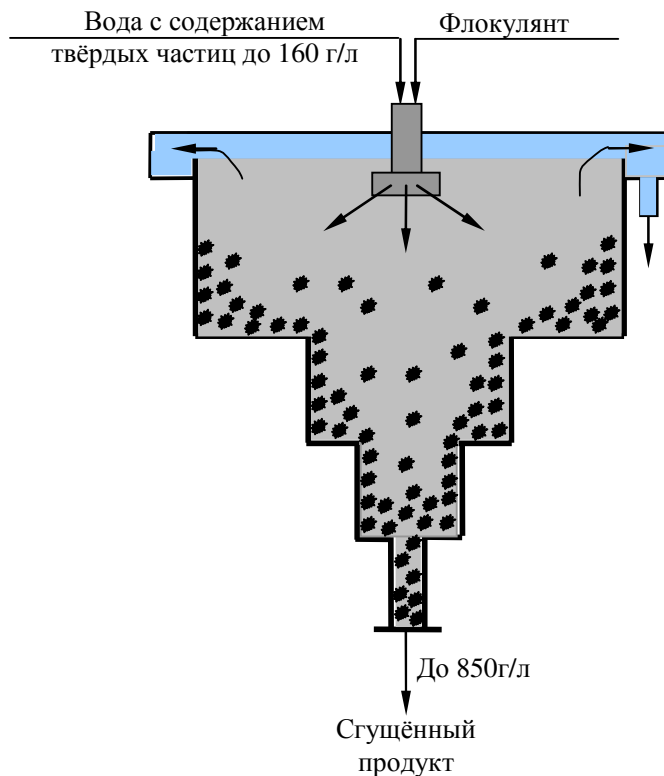
Для обогащения класса 2,5-10 мм на фабрике используется модернизированный тяжелосредний сепаратор СКВП-20: с измененной загрузкой и регулируемым по высоте загрузочным устройством, с измененным направлением транспортного и восходящего потоков, что позволяет создавать спокойную среду в ванне сепаратора.

Учитывая размокаемость породных примесей в водной среде, время нахождения угля на разных технологических процессах была снижена на 60% и составляет от 60-100 сек.

На фабрике введен в действие комплекс по сгущению высокозольных илов и осветлению оборотной воды. Вместо радиального сгустителя был установлен ступенчатый гравитационный сгуститель (рисунок): безприводной, площадью 144 м<sup>2</sup>, производительностью 220-250 м<sup>3</sup>/час, удельная нагрузка на 1 м<sup>2</sup> – 1,9 м<sup>3</sup>/час и содержание твердого в питании до 150 г/дм<sup>3</sup>, содержание твердого в сгущенном продукте до 850 г/дм<sup>3</sup> при расходе флокулянта – 80 г/т сухого шлама (в радиальном сгустителе содержание твердого в сгущенном продукте составляет не более 150-200г/дм<sup>3</sup>). Содержание твердых частиц в осветленной жидкости 0-15 г/дм<sup>3</sup>. Гравитационный сгуститель содержит цилиндрический корпус, коническое днище с патрубком, для отвода осветленной жидкости. Коническое днище выполнено ступенчатым в виде кольцевых выступов с вертикальными цилиндрическими или прямоугольными стенками на конце устанавливается шиберная задвижка. Количество выпусков 4 шт. Гравитационный сгуститель гребкового устройства (фермы) не имеет.

Осветленная вода с пластинчатого сгустителя с содержанием твердого 90-110 г/дм<sup>3</sup> поступает в промежуточную емкость и далее на батарею гидроциклонов БГЦ-24/100, где слив с содержанием твердого составляет от 30-40 г/дм<sup>3</sup>, что и является оборотной водой на фабрике.

С целью выделения "пластушки" (концентрат зольностью 12-16%) из концентрата на классификационных грохотах ГИСЛ-62(42) были изготовлены и установлены экспериментальные сита струнного типа. Струнные сита позволяют выпускать концентрат практически с материнской зольностью, классифицируя товарную продукцию согласно договоренностям подписанных контрактов.



Сгуститель гравитационный ступенчатый безприводной

### *Выводы и направления дальнейших исследований*

Выполненные исследования позволили определить особенности антрацита ООО "ШУ "Садкинское", с учетом которых сокращено время пребывания размокаемой породы в технологических процессах до 60-100 с, а также изменена технология обогащения рядового антрацита путем изменения способа его смачивания и обесшламливания, выделения и обогащения машинного класса 2,5-10,0 мм в модернизированном тяжелосреднем сепараторе СКВП-20, обесшламливания мелкого машинного класса по крупности 3 мм с помощью пластинчатого сгустителя и вывода тонких илов из оборотной воды с помощью гравитационного сгустителя.

### **Список литературы**

1. Мельничук В.Д. Технологические особенности обогащения углей Западного Донбасса [Текст] / В.Д. Мельничук, А.Д. Полулях // Сб. научных тр. НГАУ. – 1998. – № 3, Т.4. – С. 100-108.
2. Полулях А.Д. Особенности обогащения сапропелитовых углей Львовско-Волынского бассейна [Текст] / А.Д. Полулях, О.В. Моисеенко, О.Й. Авраменко, А.Ю. Перерва // Уголь Украины. – 2008. – № 3. – С. 13-15.
3. Полулях А.Д. Особенности обогащения углей с большим содержанием легкоразмокаемой породы [Текст] / А.Д. Полулях // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2012. – Вип. 51(92). – С. 3-12.
4. Полулях А.Д. Опыт тяжелосреднего обогащения газовых углей с применением уг-

**Збагачення корисних копалин, 2014. – Вип. 57(98)**

## **Загальні питання технології збагачення**

лещелочного реагента-пептизатора на ЦОФ "Павлоградская" [Текст] / А.Д. Полулях, В.Д. Мельничук // Геотехническая механика: Межвел. сб. науч. тр. ИГТМ. – 1998. – № 4. – С. 57-62.

5. Курченко И.П. Обогащения угля Западного Донбасса [Текст] / И.П. Курченко, А.Д. Полулях, И.П. Васько // Уголь Украины. – 2000. – № 9. – С. 50-52.

© Полулях А.Д., Еремеев И.В., 2014

*Надійшла до редколегії 28.08.2014 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*