

**И.И. КУРМЕЛЕВ, А.И. КУРМЕЛЕВ**

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

## **ПРОГНОЗ СОДЕРЖАНИЙ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРОДУКТАХ ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЕЙ**

Комплексное использования угля обусловлено его сложным вещественным составом, наличием в нем химических элементов, соединений, ценных свойств. Выявление закономерностей между характеристиками углей является основным требованием промышленности, предъявляемым на всех стадиях геолого-разведочных работ.

При оценке связи редких элементов с органической или минеральной частями углей использовались:

- коэффициент сродства с органическим веществом  $F_o$ ;
- коэффициент приведенной концентрации  $F_{нк}$ ;
- коэффициент приведенного извлечения элемента во фракции разной плотности.

В случаях, когда известно  $CЭ$  в горной массе и продуктах обогащения, полученный в результате фракционного анализа выход продуктов обогащения, можно аналитически определить основные показатели технологического процесса, в том числе и извлечение редких элементов в продукты обогащения.

1. При обогащении горной массы с выделением двух продуктов – концентрата и отходов:

Получение двух продуктов – концентрата и отходов – является наиболее простым случаем обогащения углей. В этом случае уравнение баланса имеет вид:

$$100CЭ_{зм} = y_k CЭ_k + y_{от} CЭ_{от} .$$

$CЭ_{зм}$  – содержание редкого элемента в горной массе;  $y_k$  – выход концентрата;  $CЭ_k$  – содержание редкого элемента в концентрате;  $y_{от}$  – выход отходов;  $CЭ_{от}$  – содержание редкого элемента в отходах.

Используя разделение баланса компонентов на минеральную и органическую часть, определяется  $CЭ$  в продуктах обогащения. Расчет  $CЭ$  производится отдельно для редких элементов минеральной и органической части, т.е. в первом случае содержание элементов увеличивается в ряду:

$$CЭ_y < CЭ_{зм} < CЭ_{от} .$$

$CЭ_y$  – содержание редкого элемента в угле.

Во втором случае (приуроченности к органической части)  $CЭ$  увеличивается в ряду:

## Автоматизация та управління процесами збагачення

$$CЭ_{от} < CЭ_{зм} < CЭ_y.$$

Выход концентрата:

$$y_k = 100(y_{от} - A_{зм}^d) / y_{от} - y_k, \%,$$

$A_{зм}^d$  – зольность горной массы.

Выход отходов:

$$y_{от} = 100(A_{зм}^d - y_{от}) / y_{от} - y_k, \%,$$

Расчет  $CЭ$  в продуктах обогащения редких элементов минеральной части:  
в концентрате:

$$CЭ_k = (100CЭ_{зм} - y_{от}CЭ_{от}) / y_k,$$

в отходах:

$$CЭ_{от} = (100CЭ_{зм} - y_kCЭ_k) / y_{от}.$$

2. При обогащении горной массы с выделением трёх продуктов – концентрата, промпродукта и отходов:

При данном способе обогащения, используя разделение баланса компонентов на минеральную и органическую часть, определяется  $CЭ$  в продуктах обогащения. Расчет  $CЭ$  производится отдельно для редких элементов минеральной и органической части, т.е. в первом случае содержание редких элементов увеличивается в ряду:

$$CЭ_y < CЭ_{нл} < CЭ_{зм} < CЭ_{от}.$$

$CЭ_{нл}$  – содержание редкого элемента в угольном пласте.

При исследовании  $CЭ$  в продуктах обогащения

Во втором случае увеличение содержаний редких элементов происходит в ряду:

$$CЭ_{от} < CЭ_{зм} < CЭ_{нл} < CЭ_y.$$

Уравнение баланса имеет вид:

$$100CЭ_{зм} = y_kCЭ_k + y_{нп}CЭ_{нп} + y_{от}CЭ_{от}.$$

$y_{нп}$  – выход промпродукта;  $CЭ_{нп}$  – содержание редкого элемента в промпродукте.

**Збагачення корисних копалин, 2010. – Вип. 43(84)**

## **Автоматизація та управління процесами збагачення**

Выход концентрата:

$$y_k = 100(A_{nn}^d - A_{zm}^d) + y_{om}(A_{om}^d - A_{nn}^d)/(A_{nn}^d - A_k^d);$$

$A_{nn}^d$  – зольность промпродукта,  $A_{om}^d$  – зольность отходов.

$$y_k = 100(A_{om}^d - A_{zm}^d) + y_{nn}(A_{om}^d - A_{nn}^d)/(A_{om}^d - A_k^d);$$

Выход промпродукта:

$$y_{nn} = 100(A_{om}^d - A_{zm}^d) - y_k(A_{om}^d - A_k^d)/(A_{om}^d - A_{nn}^d);$$

$$y_{nn} = 100(A_{zm}^d - A_k^d) - y_{om}(A_{om}^d - A_k^d)/(A_{nn}^d - A_k^d);$$

Выход отходов:

$$y_{om} = y_k(A_{nn}^d - A_k^d) - 100(A_{nn}^d - A_{zm}^d)/(A_{om}^d - A_{nn}^d);$$

$$y_{om} = 100(A_{zm}^d - A_k^d) - y_{nn}(A_{nn}^d - A_k^d)/(A_{om}^d - A_k^d);$$

*Расчет СЭ в продуктах обогащения редких элементов минеральной части:*

*в концентрате:*

– при известном выходе концентрата и промпродукта, СЭ в горной массе, отходах и промпродукте:

$$CЭ_k = [y_k - 100(CЭ_{om} - CЭ_{zm}) + y_{nn}(CЭ_{om} - CЭ_{nn})]/y_{nn};$$

– при известном выходе концентрата и отходов, СЭ в горной массе, отходах и промпродукте:

$$CЭ_k = [y_k CЭ_{nn} - 100(CЭ_{nn} - CЭ_{zm}) - y_{om}(CЭ_{om} - CЭ_{nn})]/y_k;$$

*в промпродукте:*

– при известном выходе промпродукта и отходов, СЭ в концентрате, горной массе и отходах:

$$CЭ_{nn} = [y_{nn} CЭ_k + 100(CЭ_{zm} - CЭ_k) - y_{om}(CЭ_{om} - CЭ_k)]/y_{nn};$$

*в отходах:*

– при известном выходе промпродукта и отходов, СЭ в концентрате, горной массе и промпродукте:

## **Автоматизация та управління процесами збагачення**

$$CЭ_{om} = [y_{om} CЭ_k + 100(CЭ_{2m} - CЭ_k) - y_{nn} (CЭ_{nn} - CЭ_k)] / y_{om};$$

– при известном выходе концентрата и отходов,  $CЭ$  в концентрате, горной массе и промпродукте:

$$CЭ_{om} = [y_{om} CЭ_{nn} - y_k (CЭ_{nn} - CЭ_k) - 100(CЭ_{nn} - CЭ_{2m})] / y_{om};$$

*Расчет  $CЭ$  в продуктах обогащения редких элементов органической части:*

*в концентрате:*

– при известном выходе концентрата и промпродукта,  $CЭ$  в промпродукте, отходах и горной массе:

$$CЭ_k = [y_k CЭ_{om} + 100(CЭ_{2m} - CЭ_{om}) - y_{nn} (CЭ_{nn} - CЭ_{om})] / y_k;$$

– при известном выходе концентрата и отходов,  $CЭ$  в промпродукте, отходах и горной массе:

$$CЭ_k = [y_{kk} CЭ_{nn} + 100(CЭ_{2m} - CЭ_{nn}) + y_{om} (CЭ_{nn} - CЭ_{om})] / y_k;$$

*в промпродукте:*

– при известном выходе промпродукта и отходов,  $CЭ$  в отходах, концентрате и горной массе:

$$CЭ_{nn} = [y_{nn} CЭ_k - 100(CЭ_k - CЭ_{2m}) + y_{om} (CЭ_k - CЭ_{om})] / y_{nn};$$

– при известном выходе промпродукта и концентрата,  $CЭ$  в отходах, концентрате и горной массе:

$$CЭ_{nn} = [y_{nn} CЭ_{om} + 100(CЭ_{2m} - CЭ_{om}) - y_k (CЭ_k - CЭ_{om})] / y_{nn};$$

*в отходах:*

– при известном выходе концентрата и отходов,  $CЭ$  в промпродукте, концентрате и горной массе:

$$CЭ_{om} = [y_{om} CЭ_{nn} + 100(CЭ_{2m} - CЭ_{nn}) - y_k (CЭ_k - CЭ_{nn})] / y_{om};$$

– при известном выходе отходов, промпродукта и концентрата,  $CЭ$  в концентрате, промпродукте и горной массе:

$$CЭ_{om} = [y_{nn} CЭ_{2m} + y_{nn} (CЭ_{2m} - CЭ_{nn}) - y_k (CЭ_k - CЭ_{2m})] / y_{om};$$

## **Автоматизація та управління процесами збагачення**

*Расчет СЭ в продуктах обогащения редких элементов органической и минеральной части, т.е. основным источником СЭ является промпродукт. Увеличение СЭ происходит в ряду:*

$$CЭ_{\kappa} < CЭ_{om} < CЭ_{zm} < CЭ_{nn}$$

*в концентрате:*

– при известном выходе концентрата и отходов, СЭ в горной массе, отходах и промпродукте:

$$CЭ_{\kappa} = [y_{\kappa} CЭ_{nn} - 100(CЭ_{nn} - CЭ_{zm}) + y_{om}(CЭ_{nn} - CЭ_{om})] / y_{\kappa};$$

– при известном выходе концентрата и промпродукта, СЭ в горной массе, отходах и промпродукте:

$$CЭ_{\kappa} = [y_{nn} + 100(CЭ_{zm} - CЭ_{om}) + y_{nn}(CЭ_{nn} - CЭ_{om})] / y_{\kappa};$$

– при известном выходе концентрата и отходов, СЭ в горной массе, отходах и промпродукте:

$$CЭ_{\kappa} = [y_{\kappa} CЭ_{nn} - 100(CЭ_{nn} - CЭ_{zm}) + y_{om}(CЭ_{nn} - CЭ_{om})] / y_{\kappa};$$

*в промпродукте:*

– при известном выходе промпродукта и отходов, СЭ в концентрате, горной массе и отходах:

$$CЭ_{nn} = [y_{nn} CЭ_{om} - 100(CЭ_{zm} - CЭ_{om}) + y_{\kappa}(CЭ_{om} - CЭ_{\kappa})] / y_{nn};$$

$$CЭ_{nn} = [y_{nn} CЭ_{\kappa} + 100(CЭ_{zm} - CЭ_{\kappa}) - y_{om}(CЭ_{om} - CЭ_{\kappa})] / y_{nn};$$

*в отходах:*

– при известном выходе промпродукта и отходов, СЭ в концентрате, горной массе и промпродукте:

$$CЭ_{om} = [y_{om} CЭ_{\kappa} + 100(CЭ_{zm} - CЭ_{\kappa}) - y_{nn}(CЭ_{nn} - CЭ_{\kappa})] / y_{om};$$

$$CЭ_{om} = [100(CЭ_{zm} - CЭ_{\kappa}) + (y_{om} CЭ_{\kappa}) - y_{nn}(CЭ_{nn} - CЭ_{\kappa})] / y_{om};$$

– при известном выходе концентрата и отходов, СЭ в концентрате, горной массе и промпродукте:

$$CЭ_{om} = [y_{om} CЭ_{nn} + y_{\kappa}(CЭ_{nn} - CЭ_{\kappa}) - 100(CЭ_{nn} - CЭ_{zm})] / y_{om};$$

## **Автоматизація та управління процесами збагачення**

Данная методика прогнозирования содержания редких элементов (СЭ) в продуктах обогащения является теоретическим балансом, учитывающим генетические связи СЭ с органической и минеральными частями углей и позволяющая определять СЭ при идеальном разделении горной массы. Таким образом, разработанная методика позволяет на стадии проектирования и эксплуатации горнодобывающих и обогатительных предприятий выбрать оптимальную технологическую схему обогащения горной массы с учетом содержащихся в них редких элементов в зависимости от их связи с органической и минеральной частями углей.

1. Курмелев И.И., Курмелев А.И. Методика прогнозирования содержания редких элементов в продуктах обогащения углей // Науковий вісник НГУ. – 2009. – №1. – С. 30-31.

© Курмелев И.И., Курмелев А.И., 2010

*Надійшла до редколегії 12.09.2010 р.  
Рекомендовано до публікації к.т.н. В.В. Гасвим*