

УДК 622.7

**Н.И. Коннова, С.В. Килин, П.В. Елизарьев**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НА ОБОГАТИМОСТЬ УГЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ЧЕРНОГОРСКОЕ»**

*Сконструирован лабораторный тяжелосредний сепаратор для решения задачи более точного моделирования результатов тяжелосреднего обогащения. Получена возможность моделирования результатов обогащения по полученным кривым обогатимости - плотности разделения, выхода и зольности концентрата и выхода промпродукта и хвостов.*

*Ключевые слова: тяжелосредний сепаратор, обогатимость, уголь, тяжелые суспензии.*

---

**П**рогнозные ресурсы угля на Земле в настоящее время составляют более 14,8 трлн т, а мировые промышленные запасы угля - свыше 1 трлн т, что значительно превосходит запасы и ресурсы всех других энергоносителей. Мировой рынок угля более конкурентен, чем нефтяной и газовый, поскольку его месторождения имеются на всех континентах, почти во всех странах (при этом 70 стран имеют извлекаемые запасы угля), а добыча ведется практически во всех регионах мира [1].

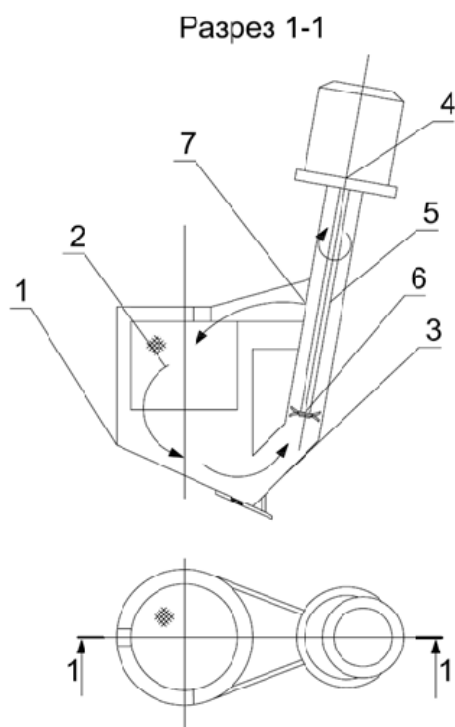
Поэтому все большему количеству углей перед продажей необходимо пройти предварительное обогащение, целью которого является уменьшение зольности до допустимых пределов [1, 2].

Обогащением угля называется процесс, при котором в топливе уменьшается содержание минеральных примесей и пустых пород, а так же происходит разделение угля на сорта по критерию размера кусков. После процесса сортировки и обогащения уголь поступает на транспортировку для конечного потребителя.

Одним из самых распространенных способов обогащения угля является отсадка и пенная сепарация, однако в последнее время все большую и большую популярность получает тяжелосредняя сепарация угля в минеральной суспензии.

Процесс обогащения в тяжелых средах - разделение минералов по плотности в гравитационном или центробежном поле в среде, плотность которой является промежуточной между плотностями разделяемых минералов. На данном этапе не существует достаточного числа лабораторного оборудования для обогащения в тяжелых суспензиях, которое максимально достоверно позволит смоделировать результаты последующего производственного процесса обогащения угля в тяжелых суспензиях.

Поэтому встает вопрос об изучении возможности обогащения углей в лабораторных условиях, построения кривых обогатимости и возможности моделирования результатов обогащения по полученным кривым обогатимости таких как: плотность разделения, выход и зольность кон-



**Рис. 1. Схема лабораторного тяжелосреднего сепаратора:** 1 – цилиндрический чан; 2 – емкость для улавливания утонувшей фракции; 3 – труба для циркуляции суспензии; 4 – электродвигатель; 5 – вал; 6 – импеллер; 7 – распределитель потоков суспензии

центрата и выход промпродукта и хвостов [3].

Для решения задачи более точного моделирования результатов тяжелосреднего обогащения был сконструирован лабораторный тяжелосредний сепаратор (рис. 1).

Данный тяжелосредний сепаратор относится к сепараторам со статическими условиями разделения.

Сепаратор предназначен для тяжелосреднего обогащения как руд, так и других неметаллических полезных ископаемых. Крупность обогащаемого материала  $-50+6$  мм для угля и  $-25+6$  мм для руд цветных метал-

лов. Перед обогащением необходимы операции грохочения и обесшламливания для предотвращения загрязнения среды.

Сепаратор порционного типа, и материал загружают в корзину порциями от 5 до 10 кг в зависимости от объема обогащаемой массы. Время разделения аппарата около 5 мин.

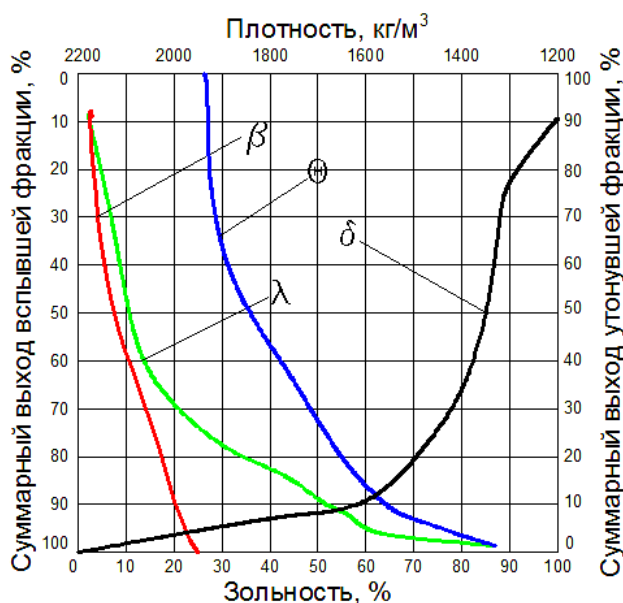
Лабораторные испытания обычно дают несколько лучшие результаты, чем получаемые в промышленных условиях, но отличие первых от вторых обычно не настолько велико, чтобы существенно изменить представление о технологических преимуществах рассматриваемого способа по сравнению с другими методами.

На основе лабораторных испытаний определяются условия проведения полупромышленных опытов. Если по каким-либо причинам полупромышленные испытания не производятся, проектирование обогатительных фабрик осуществляется на основе лабораторных испытаний.

Данный сепаратор в отличие от конусных лабораторных сепараторов имеет следующее важное преимущество: в результате вращения вала с импеллером в разных частях сепаратора создаются восходящий и нисходящие потоки, которые более точно моделируют разделение в рабочей зоне промышленных сепараторов, имеющих постоянную циркуляцию материала в рабочем пространстве сепаратора.

О возможности обогащения угля месторождения «Черногорское» на обогатительной установке можно судить по кривым обогатимости и фракционному анализу.

Известно, полностью разделить уголь на полезную и бесполезную фракции на данном этапе развития



**Рис. 2. Фракционная характеристика угля месторождения «Черногорское»**

техники и технологии невозможно. Поэтому необходимо знать, при каком содержании полезного компонента в продуктах обогащения, и при каких их выходах процесс разделения можно считать наиболее эффективным для данного угля [7].

Результаты разделения на фракции служат эталоном, с которым сравнивают промышленные результаты гравитационного обогащения. Кроме того, данные фракционного анализа позволяют составить теоретический баланс продуктов обогащения, являющийся основой для расчетов результатов обогащения при проектировании углеобогачительных фабрик. Фракционный состав углей определяется с помощью фракционного анализа [4, 5].

Разделение угля классов -25+20 мм, -20+15 мм и -15+10 мм проводилось в тяжелых суспензиях в диапазоне плотностей 1200 - 2100 кг/м<sup>3</sup> с шагом 100 кг/м<sup>3</sup>, в качестве утяжели-

теля выступал мелкогранулированный ферросилиций, широко применяемый в мировой промышленности.

По результатам проведенного анализа была построена фракционная характеристика угля месторождения «Черногорское» (рис. 2).

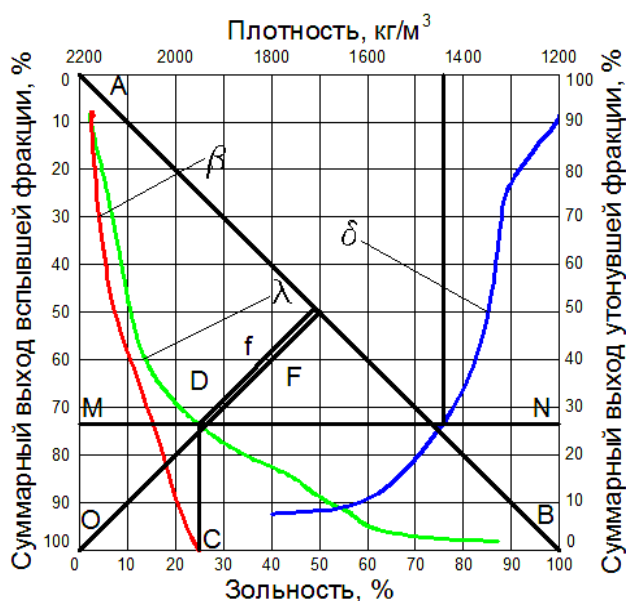
Обогащаемость любого рядового угля или его расчлененных классов характеризуется кривыми: λ, β, θ и δ [5].

λ - кривая распределения зольности по элементарным слоям. Кривая β показывает зависимость суммарного выхода всплывших фракций от их зольности.

Кривая θ характеризует зависимость суммарного выхода утонувших фракций от их зольности, а кривая δ характеризует зависимость суммарного выхода всплывших фракций от плотности разделения [6].

На сегодняшний день предложено много методов оценки обогатимости углей, но не все они могут быть рекомендованы для практического использования, т.к. большинство из них допускают те или иные погрешности. Это иногда приводит к неправильным выводам при сравнении результатов исследовательских работ и различных вариантов проектов углеобогачительных фабрик.

Из всего множества существующих методов оценки обогатимости углей самые известные методы: Бэрда, Топоркова, Фоменко, Майера. Все эти методы заключаются в построении кривых обогатимости и определении с их помощью характеристик угля.



**Рис. 3. Определение параметров обогатимости по методу Фоменко**

Методы Топоркова и Майера наиболее просты, но пользоваться ими можно только в том случае, если предварительно задана плотность разделения угля, выход или зольность всплывших фракций, т.е. то, что как раз необходимо определить, исходя из характеристики угля [7, 8].

Но в нашем случае поступивший уголь до сих пор не обогащался тяжелосредней сепарацией, поэтому наиболее подходящими для нас являются методы Берда и Фоменко. Из всех существующих методик определения обогатимости углей наиболее простым и точным является метод Фоменко [8].

Метод Фоменко заключается в определении наиболее выгодной плотности разделения и коэффициента обогатимости, который представлен на рис. 3.

Коэффициент обогатимости рассчитан по формуле:

$$K = \frac{F}{f} = 0,485. \quad (1)$$

Значение коэффициента обогатимости колеблется от 0 до 1, то есть при идеально трудной обогатимости угля коэффициент равен 0, а при идеально легкой обогатимости угля равен 1. По классификационной диаграмме значений коэффициентов обогатимости [8] уголь месторождения «Черногорское» относится к каменным углям IV категории со средней трудностью обогащения.

Для углей IV характерны следующие характеристики:

- коэффициент обогатимости 0,40 – 0,61;
- наивыгоднейшая плотность разделения 1400-1500 кг/м<sup>3</sup>;
- выход концентрата по беспородному углю 60 – 70 %.

На основании этих данных можно определить теоретический технологический баланс. И дальше моделировать процесс обогащения в тяжелых суспензиях с целью его дальнейшего внедрения в технологическую цепочку обогащения.

В итоге можно сказать, что уголь месторождения «Черногорское» достаточно высокозольный с зольностью 22 % и среднеразделяемый. Для его разделения необходимы тяжелосредние машины с высокой эффективностью разделения не менее 150 кг/м<sup>3</sup>, коэффициентом несовершенства процесса не более 30-35 %.

---

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полякова В.В. *Мировая экономика и международный бизнес: учебник* / В. В. Полякова [и др.]. // М.: МГИМО, 2009. – С.213.
2. Булатова А.С. *Мировая экономика: учебник* / А. С. Булатова. // М.: Юристъ, 2009. – С.734 .
3. Бедрань Н.Г. *Обогащение углей: учебник для вузов* / Н. Г. Бедрань. // М.: Недра, 1988. – С.206.
4. Козин В.З. *Экспериментальное моделирование и оптимизация процессов обогащения полезных ископаемых: учебник* / В. З. Козин [и др.]. // М.: Недра, 1984. – С. 235.
5. Фоменко Т.Г. *Исследование углей на обогатимость: учебник для вузов* / Т. Г. Фоменко, В. С. Бутовецкий, Е. М. Погарцева. // М.: Недра, 1978. – С.262.
6. Соколов В.Г. *Кривые обогатимости углей: учебное пособие* / В. Г. Соколов. // М.: Госгортехиздат, 1987. – С. 96.
7. Прянишников В.К. – *Обогатимость каменных углей: учебник для вузов* / В. К. Прянишников. // М.: Недра, 1989. – С.160.
8. Черненко Б.Г. *Оценка кривых обогатимости угля по методу Фоменко* / Б. Г. Черненко, Шубин М.Б // Сб. статей по обогащению углей. Вып. 2. – Харьков. – ОНТИ. – 2001. – С. 23 – 31. **ГЛАС**

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

---

*Коннова Наталья Ивановна* – кандидат технических наук, доцент кафедры обогащения полезных ископаемых Сибирского федерального университета. т.с. 89029927242

*Килин Сергей Владимирович* – ведущий инженер технического отдела ЗАО «Полюс», т.с.89135022686

*Елизарьев Павел Владимирович* – специалист отдела инвестиций ЗАО «Полюс», т.с. 89135746054



---

## РУКОПИСИ, ДЕПониРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»

### НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ БУХГАЛТЕРСКОГО УЧЕТА ЛИЗИНГОВЫХ ОПЕРАЦИЙ

(№ 983/11-13 от 03.09.13, 26 стр.)

*Посаднева Елена Михайловна*, кандидат экономических наук, доцент, Российский государственный университет имени Г.В.Плеханова, Тел.: 8(929)909-87-17

### SOME PROBLEMS OF ACCOUNTING LEASING OPERATIONS

*Posadneva E.M.*