

УДК 622.7; 622.765.4

**В.А. Козлов**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФЛОТАЦИИ УГЛЯ ЭКИБАСТУЗСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

*Приведены результаты исследования флотации угля Экибастузского месторождения.  
Ключевые слова: флотация угля, зольность.*

**В** 2011 году компанией СЕТСО были проведены исследования угля Экибастузского месторождения с целью определения его обогатимости. В состав исследований входило проведение флотации угольного шлама в лабораторной флотомашине.

На результаты процесса флотации могут оказывать влияние множество параметров, поэтому с целью максимального раскрытия флотационного потенциала угля нами применена специальная методика, описанная в ISO 8858-2 [1], использующая оборудование и базовый метод, указанные в ISO 8858-1. Принятая нами процедура наиболее полно определяет флотационные характеристики угля. Целью этой расширенной процедуры является получение информации, аналогичной той, что дает нам кривая всплывших/потонувших фракций при гравитационном способе обогащения, являющаяся основой разделения по плотности. Полученные данные представляются в виде кривой выхода пенного продукта и его зольности, которая задает предельные максимально возможные достижения выхода пенного продукта. Эта информация может быть использована для определения ограничений в процессе обогащения угольного шлама методом пенной флотации.

Процедура, примененная нами в лабораторном исследовании, имеет

практическое значение для осуществления контроля над работой флотационных отделений и расчета схем флотации обогатительных фабрик. Однако она не адресована таким инженерным аспектам, как кинетика флотации, определение размера и типа флотационных камер.

Кривая результатов флотации (выход/зола) показывает максимально возможный выход при некоей заданной зольности. Общий вид кривой показывает чувствительность процесса флотации к природным свойствам самого угля и рабочим условиям.

Процедура флотации, описанная в [1], может быть изменена для проверки и сравнения показателей флотации в зависимости от различных типов реагентов — собирателей и пенообразователей, раскрытия зерен за счет дополнительного измельчения, диапазонов крупности питания. Однако, допускаются отличия от стандартной процедуры, которые должны фиксироваться в отчетах по флотации.

### **Условия флотации и дозировка флотореагентов.**

Для построения предельных флотационных кривых необходимо расширить диапазон условий, обозначенных в ISO 8858-1. Различные угли требуют и различных условий для достижения максимальных выходов пенного продукта и соответствующих уровней зольности.

Таблица 1

Выход по методу ISO 8858-1, %	Предполагаемая дозировка собирателя по ISO 8858-1 (доля от нее)
<40	100 % = 1,00 мл/кг
40 — 60	25 % = 0,25 мл/кг
60 — 80	10 % = 0,10 мл/кг
>80	2,5 % = 0,025 мл/кг

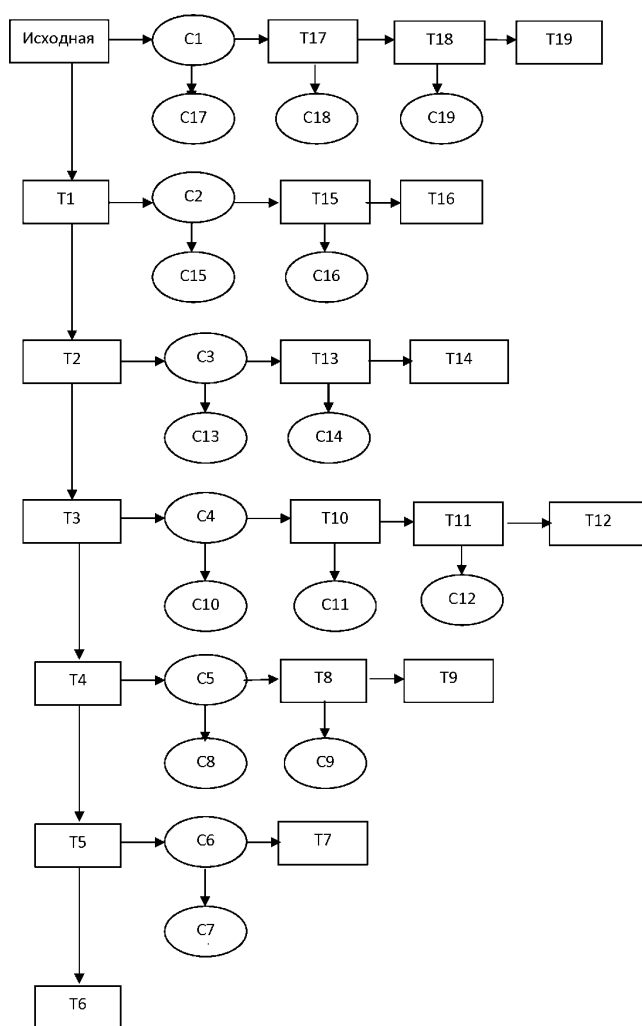


Рис. 1. Последовательность выполнения дробной флотации

Для определения расходов флотореагентов выполняются тесты по методике ISO 8858-1. Добавки собира-

теля выбираются на основе результатов этих тестов, представленных в табл. 1.

Конечный результат, по большей части не зависит от выбранного шага дозировки. Допускается использовать другую дробность дозировки.

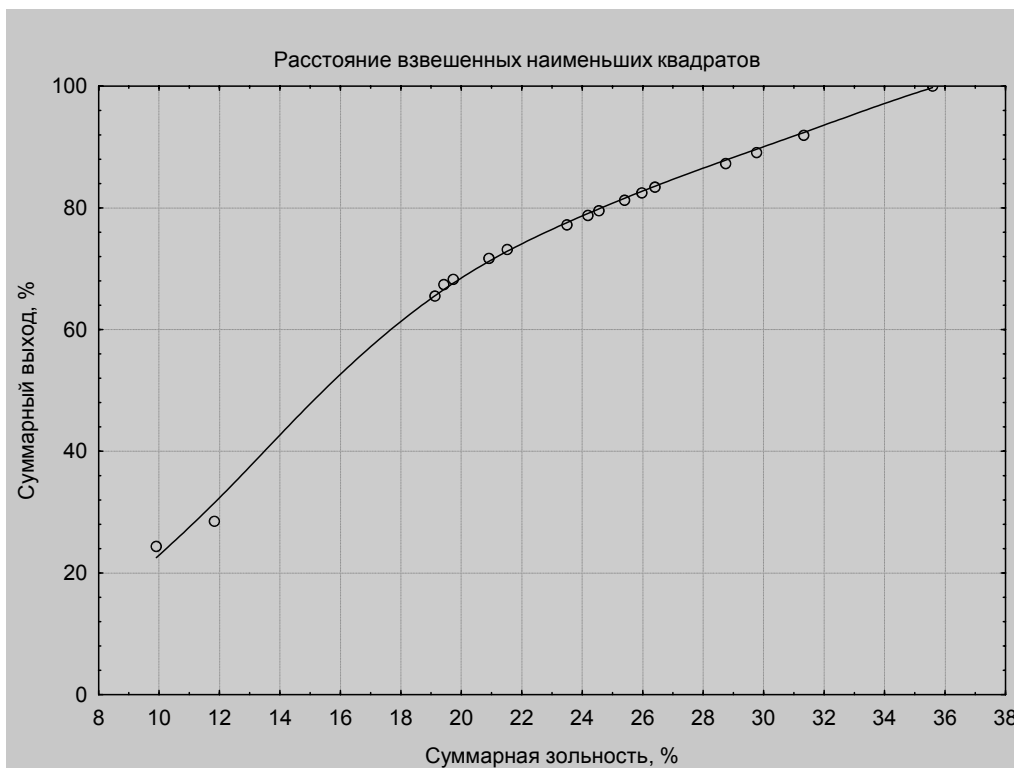
Добавка на каждом этапе вспенивателя может производиться в концентрации, равной примерно половине от указанной в ISO 8858-1, т.е. 0,05 мл 4-метил-2-пентанола, часто называемого метил изобутил карбинолом или МИБС, 50 мл 0,1 % водного раствора на килограмм сухого твердого в начальной пробе. Возможно применение и известных в РФ и на территории СНГ марки вспенивателей – КОБСа, КЭТГОЛа и др.

После начальной флотации дозировки вспенивателя не являются критичными. Необходимо только поддерживать адекватный пенный слой.

Содержание твердого в первом флотационном тесте должно соответствовать ISO 8858-1. Для всех последующих стадий масса твердого должна быть той, что получилась по результатам предыдущего теста.

Расход воздуха должен соответствовать указанному в ISO 8858-1.

Рабочая температура при проведении тестов должна соответствовать указанной в ISO 8858-1 и должна отражаться в отчете об исследованиях.



**Рис. 2. График зависимости суммарного выхода фракций от суммарной зольности**

### Методика флотации

Предварительно для пробы угольного шлама должны быть определены влажность, ситовый состав и другие параметры, в соответствии с ISO 8858-1.

Первоначальная флотация должна производиться в соответствии с основными принципами, изложенными ISO 8858-1, за исключением следующих:

- Собиратель не используется,
- Не применяется предварительное кондиционирование,
- Вспениватель не используется.

Как концентрат, так и хвосты должны быть сохранены в виде пульпы для последующей перефлотации.

Опыт показал, что без добавки реагентов (собирателя и вспенивателя)

появляется возможность выделить низкозольные быстро флотируемые частицы, что способствует лучшей определенности конца кривой в зоне низких выходов.

Чтобы не превысить объем жидкости в камере в последующих тестах дробной флотации, следует использовать минимум воды для смыва обоих продуктов при их сборе.

После завершения первичной флотации, полученные хвосты должны быть последовательно перефлотированы. При этом следует руководствоваться процедурой, приведенной в ISO 8858-1, с поэтапной добавкой собирателя для извлечения любых флотируемых частиц, которые могли еще не попасть в концентрат. Этот процесс

Таблица 2

**Гранулометрический состав питания флотации углей класса 0 – 0,5 мм пласта 3**

Класс крупности, мм	Выход,		Зольность, %	Суммарный	
	г	%		выход, %	зольность, %
Более 0,50	—	—	—	—	—
0,25 – 0,50	46,76	23,38	34,16	23,38	34,16
0,125 – 0,25	45,78	22,89	34,59	46,27	34,37
0,063 – 0,125	22,48	11,24	34,68	57,51	34,43
Менее 0,063	84,98	42,49	37,74	100,0	35,84
Итого	200,0	100,0	35,84		

Таблица 3

**Результаты флотации угля пласта 3**

Продукт	Выход, %	Зольность, %	Суммарный	
			Выход, %	Зольн., %
C19	24,37	9,91	24,37	9,91
C18	4,11	23,25	28,48	11,84
C11	37,04	24,72	65,52	19,12
C13	1,87	30,23	67,39	19,43
C16	0,89	42,18	68,28	19,72
C12	3,42	44,55	71,7	20,91
C8	1,47	51,64	73,17	21,53
C7	4,06	59,03	77,23	23,50
C9	1,53	59,21	78,76	24,19
C14	0,79	59,82	79,55	24,54
T19	1,74	64,35	81,29	25,40
T16	1,18	65,57	82,47	25,97
T12	0,89	67,21	83,36	26,41
T9	3,92	78,15	87,28	28,74
T14	1,83	79,23	89,11	29,77
T7	2,85	79,96	91,96	31,33
T6	8,04	84,35	100,0	35,59
Итого	100,0	35,59		

продолжается до тех пор, пока масса концентрата, полученная при перефлотации очередной порции хвостов, не станет нулевой или незначительной (менее 5 % от начальной массы исходной пробы).

Затем, каждая порция концентрата, полученная при этой последовательной перефлотации хвостов, должна быть также перефлотирована

столько раз, сколько потребуется до тех пор, пока последующая флотация не дала дополнительного извлечения минеральной составляющей (оцениваемого по наличию твердого в хвостах) или масса пробы концентрата, подлежащего перефлотации, не стала нулевой или слишком малой (менее 5 % от начальной массы исходной пробы).

После завершения этого процесса, каждый концентрат должен быть повторно перефлотирован, пока вся захваченная минеральная составляющая не будет удалена. Каждая порция хвостов, полученная в процессе этой перефлотации концентрата, подлежит последующей флотации до тех пор, пока масса полученного из нее концентрата не станет нулевой или незначительной.

Фактически, начальная масса пробы, без каких-либо рекомбинаций порций концентрата и хвостов, делится с помощью последовательных перефлотаций на отдельные фракции.

Редко когда для какой-либо части этого последовательного процесса требуется более четырех флотаций. Обычно два или три этапа бывает достаточно.

Для некоторых углей может потребоваться последующая перефлотация до тех пор, пока выход продукта не достигнет 2 % начальной массы пробы.

Все продукты должны быть профильтрованы, доведены до воздушно-сухого состояния и взвешены. В них должны быть определены влажность и зольность на сухую массу.

Допускается сушка при температуре выше 40°C, однако перед взвешиванием должно быть обеспечено достижение уравнивания пробы с окружающими условиями.

Должны быть рассчитаны доли всех порций продуктов (концентрата и хвостов), определена в них зольность, а результаты занесены в таблицу в порядке возрастания зольности. Вслед за этим рассчитываются суммарные доли (т.е. выход) и соответствующие суммарные зольности продуктов.

Последовательность процедуры флотации для угля пласта-3 Экиба-

стуского месторождения показана на рис. 1, проведенной на угольной пробе крупностью минус 0,5 мм.

Пошаговая процедура позволяет эффективно разделить исходную пробу на фракции с различной зольностью. После сушки каждая фракция взвешивается и в ней определяется зольность. Кривая суммарных выходов/зольности строится по этим данным, путем математического объединения различных фракций в порядке возрастания зольности. Буквой «С» обозначается концентрат, а буквой «Т» — хвосты. Номер в индексе продукта показывает в процессе, какой по счету флотации он был получен. Табл. 2 является основой для построения кривой зависимости суммарный выход/зольность.

Для процедуры последовательной дробной флотации была использована воздушно-сухая проба угля массой 200 г. Предварительный тест, проведенный в соответствии с ISO 8858-1, показал выход концентрата 73 %. В соответствии с табл. 1, добавка собирателя на всех этапах, кроме первого, составила 0,1 мл. Вспениватель в количестве 20 мл 0,1 % водного раствора, добавлялся на каждом этапе.

В настоящем примере предельный минимальный выход концентрата в 5 % от массы исходной пробы использовался, как ограничитель числа требуемых последовательных флотационных тестов.

Первоначальная флотация проводилась без собирателя вспенивателя и без предварительного кондиционирования. Концентрат (С1) собран и отложен. Хвосты (Т1) остаются во флотационной камере.

При второй флотации пульпа кондиционируется с 0,1 мл собирателя, затем добавляется вспениватель, как и на всех последующих эта-

пах. Концентрат (С2) собран и отложен. Хвосты (Т2) остаются в камере. Ни один из продуктов не имеет массу меньше минимального предела. И так до тех пор, пока продукты по массе станут менее установленного предела.

Результаты тестов были занесены в табл. 3 в порядке возрастания зольности продуктов и вычислены суммарные выходы и суммарные зольности, по данным которых построен график-2, характеризующий макси-

мально возможный выход концентрата заданной зольности.

### **Заключение**

Уголь Экибастузского месторождения флотуруется. При флотации шлама угля пласта-3 минимальная зольность пенного продукта может быть получена — 9,91 % при его выходе 24,37 %.

При зольности концентрата 28,74 % его выход составит 87,28 %. При этом зольность отходов может достигнуть величины 82,59 %.

---

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Международный стандарт. ISO 8858-2: Каменный уголь – Исследование флоти-*

*руемости. Часть 2: Последовательный анализ. 2004. **ГЛАС***

---

## **КОРОТКО ОБ АВТОРЕ**

*Козлов Вадим Анатольевич – главный технолог ООО «Коралайна Инжиниринг» (СЕТСО), кандидат технических наук, доцент, vak@cetco.ru*



---

## **НА РАЗРЕЗ «ЧЕРНОГОРСКИЙ» ПОСТУПИЛИ ПЯТЬ АВТОСАМОСВАЛОВ «ТЕРЕКС»**

В мае 2012 г. на разрез «Черногорский» пришли пять автосамосвалов «TEREX TR100С». Первые машины этой марки появились на разрезе еще в августе 2011 года.

Монтаж агрегатов проходил легко, справились силами разреза, специалисты сервисного центра только контролировали процесс. Десятимесячные испытания выявили сильные стороны «Терексов». К ним, безусловно, относятся установленные в машинах двигатели «Cummins», надежные и некапризные. Хорошая коробка передач от ведущего мирового производителя компании «Allison». По сравнению с аналогичными агрегатами других фирм, коробки передач «Аллисон» более производительны, долговечны и безопасны. К тому же производители учитывают специфику условий работы машин и их специализацию.

— Зимой автосамосвалы «Терекс» показали хорошие результаты, — говорит исполнительный директор ООО «СУЭК-Хакасия» Алексей Килин, — нормально работали даже в сильные морозы. Необходимость приобретения «Терексов» была вызвана увеличением производственных мощностей, без увеличения численности персонала. По сравнению с 55-тонными БелА-Зами, на смену которым и предназначены китайские автосамосвалы, у «Терексов» производительность выше в два раза. Они могут работать в сложных горно-технических условиях.

В Сибирской угольной энергетической компании «Черногорский» стал первым разрезом, где проходили промышленное испытание «Терексы». Возможно, учитывая опыт черногорцев, в дальнейшем машины этой марки будут внедрены и на других разрезах.