

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОГНОЗНОЙ ОБОГАТИМОСТИ БУРЫХ УГЛЕЙ МЕТОДАМИ ОПТИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ И РЕНТГЕНОТОМОГРАФИИ

Якушина О.А., Ануфриева С.И., Ожогина Е.Г.

ФГУП «ВИМС», г. Москва

Сегодня прогнозирование и разработка возможных технологий обогащения и передела невозможны без информации о составе. Накопленный в ВИМСе значительный опыт минералоготехнологической оценки минерального сырья, в том числе энергетических углей ряда месторождений России [1-3], показал, что прогнозную технологическую оценку углей с высокой степенью достоверности и в сжатые сроки можно проводить на базе комплекса современных минералоготехнологических методов: устанавливать характер распределения породообразующих минералов, их гранулометрические и морфометрические характеристики, определять и количественно оценивать серосодержащие фазы.

Сегодня в соответствии с мировыми стандартами [4-6] зольность углей в промышленном использовании не должна превышать 12-15%, для бытового сектора – 6-8% при содержании серы до 1%. По возросшим сегодня требованиям защиты окружающей среды зольность используемых в промышленности углей не должна превышать 8%, а сернистость 0,6%. Повышенное содержание золы в значительной степени снижает энергетическую ценность угля. Содержащаяся в углях сера при технологическом использовании значительно ухудшает качество продуктов переработки топлива: кокса, смолы, газа и т.д.; а при сжигании углей поступает в атмосферу, негативно влияя на окружающую среду [4-9]. Таким образом, качество углей в первую очередь будет определять их зольность и сернистость, которые связаны с минеральной составляющей.

Оценка обогатимости углей обычно проводится методом фракционного анализа [6, 10, 11], который является довольно трудоемким, затратным и длительным: необходимо проводить расслоение проб различных классов крупности на фракции в жидкостях различной плотности – от 1,3 до 2,1 г/см³ (следует учитывать, что сами жидкости, например, бромформ, являются химически вредными веществами), с последующими аналитическими расчетами и построением графиков для определения показателя обогатимости.

Известна методика определения степени обогатимости углей петрографическим методом [6, 12], которая выполняется по совокупности критериев: количества видов групп микролитотипов (путем подсчета под микроскопом в аншлифах-брикетах микролитотипов по группам), присутствию органо-минеральных сростков различных минералов и обломков пород. Заметим, что опыт использования методов углепетрографии, показал, что они эффективны не столько для оценки качества самого угля, а, прежде всего, для определения морфометрических и гранулометрических параметров зерен, раскрытия минералов, для изучения вопроса о возможности удаления или концентрирования зерен отдельных минералов, главным образом сульфидов (пирита) с помощью методов обогащения, для установления причин неожиданного поведения угля или неудовлетворительных выходов [8].

В настоящей работе предварительная прогнозная оценка обогатимости бурых углей, которые по своим органолептическим характеристикам были отнесены к витрен-клареновому литотипу, выполнена оптико-минералогическим и рентгеномографическим методами. Именно этими методами определялись: количество и соотношение групп микролитотипов, наличие органо-минеральных сростков, зольность, чтобы затем по данным параметрам, аналогично петрографической методике [12], определить прогнозную степень обогатимости исследуемых углей.

В отраженном свете наблюдалась бесструктурная гелифицированная основная органическая масса, практически утратившая следы растительного происхождения, в которой в подчиненном количестве присутствовали форменные элементы (рис. 1а), представленные фюзинизированными остатками растительного происхождения. Иногда гелифицированная масса рассеяна относительно протяженными «сухими» микротрещинами, ориентированными взаимно перпендикулярно; локально установлены включения сульфидов (рис. 1б, 1в). В углях по данным оптико-минералогического анализа установлено два вида микролитотипов.

Минеральная составляющая угля, доля которой составляет ~25%, представлена кварцем, слоистыми алюмосиликатами, полевым шпатом, баритом, анатазом; рудные минералы (пирит, марказит, пирротин, ярозит) присутствуют в весьма незначительном количестве; отмечается самородная сера <1%. Главный породообразующий минерал – каолинит.

Рудные минералы в материале крупностью менее 1 мм практически не образуют органо-минеральных сростков и концентрируются во фракции плотностью более 2,9 г/см³, причем их содержание значительно меньше 1%. Пирит представлен двумя генерациями, образовавшимися в различные стадии литогенеза. С ранней стадией углефикации связан пирит I генерации – сингенетический, возможно раннедиагенетический, представленный зернами кубической, панидиоморфной и округлой формы (рис. 1б), неравномерно рассеянными в угле. Пирит II генерации

образовался в более поздние стадии углефикации, вероятно, его можно отнести к эпигенетическому. Он тесно ассоциирует с марказитом и, как правило, образует прожилки различной мощности (рис. 1в).



Рис. 1. Микроструктурные особенности углей: а) гелифицированная масса угля с форменными элементами; б) мелко-тонкокристаллический пирит I генерации; в) марказит-пиритовые прожилки. Отраженный свет, николи параллельны

М

По данным оптико-геометрического анализа средний размер зерен пирита составляет 0,006 мм; масса зерен пирита размером менее 0,044 мм составляет 0,056%; основная масса минерала сосредоточена в материале крупностью -0,074+0,01мм (рис. 2). Пирит обеих генераций имеет одинаковые морфоструктурные параметры (табл. 1).

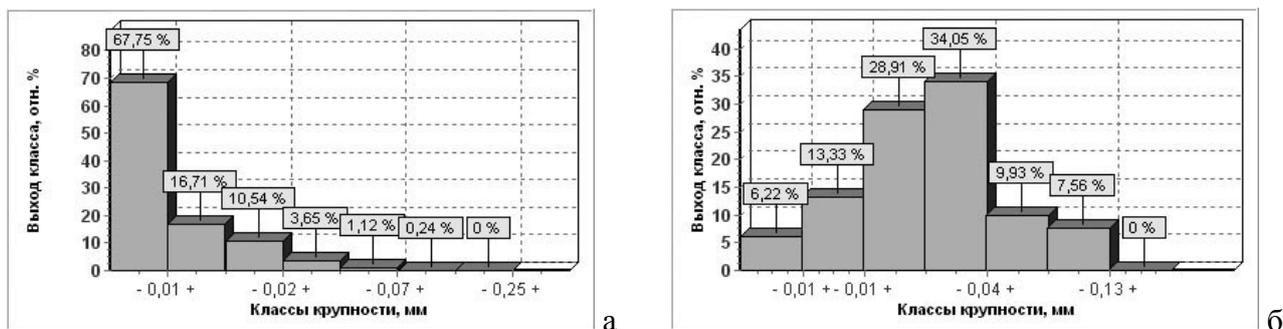


Рис. 2. Гистограммы гранулометрического состава пирита по классам крупности

(а – количественный,
б – массовый)

Таблица 1. Гранулометрический состав и морфометрические характеристики пирита в угле

| Минерал, проба | Содержание, % | Изрезанность | Размерность, мм | | | Удлинение |
|----------------|---------------|--------------|-----------------|--------|-------|-----------|
| | | | Мин. | Средн. | Макс. | |
| Пирит (1) | 0,029 | 0,598 | 0,001 | 0,006 | 0,107 | 2,28 |
| Пирит (2) | 0,029 | 0,598 | 0,001 | 0,006 | 0,107 | 2,28 |

Рентгеномографическое исследование гелифицированной массы угля показало, что по значениям линейных коэффициентов ослабления (ЛКО) четко выделяется два типа манерала в количественном соотношении 60% и 30% (рис. 3), также фиксируется микропористость углей, размер пор не превышает 0,001 мм. Сульфидная минерализация, прежде всего пирит, распределена в угле крайне неравномерно и присутствует в незначительном количестве (0,06-0,1%). Зерна пирита практически однородны, лишь иногда в них фиксируются зоны размером до 30 мкм, отличающиеся по ЛКО от матрицы, которые можно идентифицировать как пирротин (был диагностирован рентгенографическим анализом). Образование пирротина, вероятно, связано с частичным восстановлением пирита.

Прогнозная зольность исследованных углей по рентгеномографическим данным, полученная путем экспериментального определения содержания минеральных фаз в мацериальной основе, составляет в среднем ~5,5% (рис. 3, гистограмма).



Рис. 3. Рентгенотомография бурого угля: а) томограмма; б) обработка по TomAnalysis; сульфиды в окаймлении оксидов железа – темно-серое; гелифицированная масса – светло-серое и серое.

Таким образом, впервые проведена прогнозная оценка качества бурого угля методами оптической минералогии и рентгенотомографии, в результате которой установлено: присутствие двух групп микролитотипов в соотношении 2:1, органоминеральных сростков в материале крупностью менее 1 мм не обнаружено, средняя зольность угля 5,51%. Следовательно, бурые угли могут быть отнесены к средней степени обогатимости, приближающейся к легкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Использование рентгенотомографии и анализа изображений для минералого-технологической оценки углей / *О.А. Якушина, Е.Г. Ожогина, Серов И.В. и др.* // Матер. межд. конф. «Углерод: минералогия, геохимия и космохимия». Сыктывкар: Геопринт, 2003. С. 290-292.
2. *Ожогина Е.Г., Якушина О.А.* Минералогические критерии технологической оценки энергетических углей // Геологическое изучение и использование недр. Научн.-техн. информ. сб. / М.: Геоинформцентр, 2003. Вып.5, 6. С. 33-38.
3. *Якушина О.А., Ожогина Е.Г., Ануфриева С.И. и др.* Влияние минеральной составляющей бурых углей на их качество // Матер. III совещ. по органической минералогии с межд. участием. Сыктывкар: Геопринт, 2009.
4. *Голицын М.В., Голицын А.М.* Все об угле. М.: Наука. 1989. 192 с.
5. *Ледовских А.А.* Основные результаты работ Федерального агентства по недропользованию в 2008 г. и приоритетные задачи на 2009 год // Разведка и охрана недр. 2009. № 1. С. 4-10.
6. Минеральное сырье. Уголь / *В.А. Косинский, Ю.Н. Корнилов, Е.И. Поляковская и др.* // Справочник. – ЗАО «Геоинформмарк», 1997. 63 с.
7. *Мионов К.В.* Справочник геолога-угольщика. М: Недра. 1982. 311 с.
8. Петрология углей / *Штах Э., Маковски М.-Т., Тейхмюллер М. и др.* / М.: Мир, 1978. 554 с.
9. Справочник по обогащению углей. М.: Недра. 1984.
10. ГОСТ 4790-93 Топливо твердое. Определение и представление показателей фракционного анализа. Общие требования к аппаратуре и методике.
11. ГОСТ 10100-84 Угли каменные и антрацит. Метод определения обогатимости.
12. ГОСТ 18384-73 Угли каменные. Петрографический метод определения степени обогатимости

ФИЗИКА ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ КВАРЦА

Раков Л.Т.¹, Дубинчук В.Т.²

¹ ИГЕМ РАН, г. Москва; ² ФГУП «ВИМС», г. Москва

Физические процессы, протекающие в кварце и способные влиять на эффективность очистки кварцевого сырья, во многом определяются особенностями реального строения самого минерала. Важнейшей из этих особенностей является неоднородность кристаллического строения. Присутствие в кварце газово-жидких включений, обилие трещин и, главное, блочное строение минерала обуславливают существование в нем разнообразных форм примесей. Разработка перспективных технологий обогащения кварца должна основываться на результатах изучения форм вхождения примесей в минерал и их поведения в процессе технологического передела.

В настоящее время многие исследователи придерживаются мнения, что в конденсированном состоянии примеси присутствуют в кварце в минеральной и структурной формах. Причем структурная форма, как правило, отождествляется с изоморфной формой, т.е. с ионами примесей, изоморфно замещающими ионы кремния в кристаллической решетке кварца. Изоморфные примеси обладают необычайно высокой устойчивостью к различным видам физического или химического воздействия на минерал практически не