

УДК 622.7, 528.854, 004.93

**ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА ОБОГАТИМОСТИ РУД ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ОПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ****А.А. Алёхин**

Приведены результаты работ по созданию экспериментального образца оптико-электронного комплекса, предназначенного для оценки степени обогатимости руд твердых полезных ископаемых оптическим методом.

**Ключевые слова:** обогатимость, твердые полезные ископаемые, оптический метод обогащения, цвет, обработка изображений.

Оптический (в зарубежной практике – color sorting) метод сепарации является наиболее универсальным среди радиометрических и широко используется при переработке минерального сырья, твердых бытовых и промышленных отходов, сельскохозяйственных культур. Обогащение минерального сырья данным методом основывается на использовании современных видеотехнологий и анализа в реальном времени таких оптических характеристик минералов, как цвет, блеск, прозрачность, отражательная способность.

Несмотря на применение в существующих оптических сепараторах методов машинного обучения, они, главным образом, эффективны для решения простых задач: в случае ярко выраженного цветового контраста объектов контроля, при разделении по нескольким цветовым оттенкам или же по однородности одного из цветов. Однако при необходимости различения в автоматическом режиме тонких цветовых оттенков, контроле минеральных структур со сложной поверхностной и (или) внутренней структурой (образцы с рельефной поверхностью, дающей вторичные тени на изображении; частично и неоднородно прозрачные образцы), потенциально перспективный метод часто пасует, не позволяя достигать должного качества сортировки.

В большинстве случаев причиной неэффективности использования оптического метода является пренебрежение особенностями получения и обработки цветного изображения (например, используемые методы цветовой интерполяции) в блоке регистрации сепаратора, а также свойствами используемых цветовых моделей (RGB,  $L^*a^*b^*$  и т.п.). Особенности получения и обработки цветного изображения обуславливают максимальный для данного конкретного сепаратора диапазон различаемых цветовых оттенков анализируемого объекта, а используемая цветовая модель – минимальную границу их различения.

Кроме того, несмотря на активное использование оптического метода и обогатительного оборудования, его реализующего, для сепарации твердых полезных ископаемых разных типов до сих пор не существует как методов оценки обогатимости (за исключением прямой пробы на сепараторе), так и критериев выбора в пользу того или иного сортировочного комплекса для решения конкретной задачи обогащения.

Коллективом кафедры оптико-электронных приборов и систем НУИ ИТМО разработаны принципы организации процесса экспресс-анализа обогатимости руд оптическим методом, а также предложена конструкция экспериментального образца соответствующего измерительного комплекса, в настоящее время не имеющего аналогов на рынке оборудования для горнодобывающей промышленности.

Разработанный экспериментальный образец содержит два канала регистрации с разрешением  $800 \times 600$  пикселей и позволяет проводить двусторонний анализ минеральных образцов крупностью от 5 до 150 мм. При этом сушка поверхности образцов не требуется, что очень удобно с точки зрения организации технологического процесса оценки обогатимости. Другой особенностью предлагаемого решения является то, что анализ производится с использованием сразу трех цветовых моделей – RGB, YUV и HLS. При этом выбирается модель, наиболее подходящая для сепарации конкретного вида минерального сырья. Кроме того, помимо цвета, анализируется возможность использования при сепарации и других селективных признаков, характеризующих поверхностную структуру минералов, например, наличие «блесток» (точечных объектов) и «прожилок» (линейных объектов).

Результатом анализа рудной пробы являются выбранный селективный признак (или набор признаков), а также параметры настройки сепаратора, оптимальные для обогащения данного типа руды – наиболее эффективная цветовая модель и границы деления.

При разработке экспериментального образца отдельное внимание было уделено принципам освещения рабочей зоны [1] и методикам настройки цветопередачи [2, 3] системы регистрации аналитического комплекса, имеющим важное значение для обеспечения эффективности анализа и выбора оптимальных условий сепарации. Для проверки выдвинутых теоретических положений, разработанных мето-

дик анализа и настройки с помощью разработанного экспериментального образца проведены экспериментальные исследования проб золотосодержащих руд на базе научно-производственного предприятия «ГеоТестСервис» (г. Москва).

Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

1. Chertov A., Gorbunova E., Korotaev V., Serikova M., Peretyagin V. Simulation of the multicomponent radiation source with the required irradiance and color distribution on the flat illuminated surface // Proc. SPIE. – 2012. – V. 8429. – 84290D.
2. Горбунова Е.В., Коротаев В.В., Тимофеев А.Н., Чертов А.Н. Коррекция цветопередачи камеры с искажающей оптикой посредством анализа цвета изображения фона. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2012613938 от 27.04.2012.
3. Алёхин А.А., Горбунова Е.В., Коротаев В.В., Чертов А.Н. Основные принципы настройки цветových оптико-электронных систем технического зрения промышленного назначения // Изв. вузов. Приборостроение. – 2012. – Т. 55. – № 4. – С. 33–36.

*Алехин Артем Андреевич* – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, аспирант, temka-pk@mail.ru