

УДК 004.9

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ДЛЯ ПЕТРОГРАФИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

Ильченко О.И., студент гр. ИТм-171, II курс
Научный руководитель: Зиновьев В.В., к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачёва
г. Кемерово

Угледобывающая промышленность Кузбасса – одна из основных отраслей промышленности нашего региона. Одной из задач, стоящих перед предприятиями, использующими уголь, является классификация его состава.

Уголь является сложной гетерогенной структурой. На основные свойства угля в целом и отражающую способность микрокомпонентов угля в частности влияет степень метаморфизма и мацеральный состав. А сам процесс метаморфизма зависит от типа рельефа, на котором происходит образование углей, уровня доступа кислорода, кислотности торфа, температуры, а также уровня питания торфяников для развития бактериальной жизни.

Метаморфизм угля (углефикация) – процесс изменения структурно-молекулярного строения угля с течением времени.

В процессе метаморфизма у угля увеличивается отражающая способность, а также изменяются и такие его характеристики, как плотность, хрупкость, теплота сгорания, зольность и т.д. Изменение свойств чаще всего происходит скачками, именно этот факт способствует разграничению стадий развития угля. Классификация состава угля чаще всего производится по степени его метаморфизма, которая характеризуется отражающей способностью одного из компонентов.

Метод определения отражающей способности компонентов угля заключается в сравнении света, отражённого от поверхности мацералов группы витринита, входящих в состав пробы, со светом, отражённым от поверхности эталонов с заранее известным показателем отражения. При этом свет с длиной волны 546 нм должен падать на исследуемые образцы под практически прямым углом.

Образцом для исследования является аншлиф-брикет из угля или угольной смеси. Аншлиф представляет собой представительную порцию воздушно-сухой пробы, измельченной до определенного размера частиц, смешанную с подходящим связующим веществом. Из смеси формируют брикет, одну сторону которого шлифуют и полируют до получения гладкой поверхности без рельефа и царапин. На брикет наносят иммерсионное масло и производят измерения, число которых может варьироваться от 50 до 1000, в зависимости от условий измерений. Результатом измерений является либо

среднеарифметическое значение всех измерений, либо ряд значений с шагом 0,05%. Также в дополнение к результатам добавляется стандартное отклонение.

Давно существуют автоматизированные петрографические комплексы для исследования отражающих свойств углей, но в большинстве своём они используют для регистрации светового потока фотоэлектронный умножитель.

В данной работе решалась задача обработки изображения с цифровой камеры для оценки степени метаморфизма угля.

Установка для измерений состоит из микроскопа с цифровой камерой и ЭВМ.[2]

Для автоматизации процесса измерений разработано программное обеспечение, которое удовлетворяет следующим требованиям:

1. Захват и вывод на экран изображения с цифровой камеры микроскопа, подключенной к компьютеру.

2. Возможность калибровки программного обеспечения по эталонам с заранее известным показателем отражения.

3. Процесс захвата происходит в течение определённого времени, называемого временем интегрирования, которое задаётся при настройке калибровки и остаётся одинаковым для всех видов испытаний.

4. Возможность выбора участка на изображении для проведения измерений.

5. Поддержка двух типов испытаний – определение мацерального состава и соответствующего ГОСТ Р 55659-2013, а также возможности удаления или замены проведённых измерений.

6. В процессе измерений результаты испытания визуализируются на графике, статистические параметры испытания выводятся в текстовом виде на форму.

7. Составление протокола испытаний по результатам проведённых измерений. Данный протокол должен содержать следующую информацию: номер протокола испытаний, номер образца, организацию-поставщика, номер сертификата, субмацералы витринита в испытуемом образце, дата и время проведения измерений, среднее значение измерений, среднеквадратичное отклонение, число измерений, гистограмма, отражающая результаты измерений, таблицы полученного интервального ряда и мацерального состава пробы.

8. Работа с архивом испытаний. Архив должен представлять собой базу данных с записями, о проведённых испытаниях. Записи должны включать следующие пункты: номер протокола испытаний, номер образца, организацию-поставщика, номер сертификата, дату и время проведения испытаний, число измерений, левая и правая граница измерений, субмацералы витринита, дополнительные сведения, таблицы полученного интервального ряда и мацерального состава пробы. Завершённые испытания добавляются в архив. Должна существовать возможность просмотреть все проделанные испытания и создать протокол испытаний из хранящихся в архиве данных.

Должен существовать поиск по дате и времени проведения измерений, по номеру образца, по номеру протокола испытаний, организации-поставщику или номеру сертификата.

9. Наличии режима эмуляции, в котором для работы программы используются изображения, находящиеся в каталоге с программой, а не изображение с камеры.

Для реализации программного обеспечения был выбран язык C++, фреймворк QT 5.11.2, компилятор Visual Studio 2015 - Visual C++ 14.0, встраиваемая база данных SQLite, средства для работы с камерой JAI SDK 2.1.5.

Программное обеспечение для петрографического комплекса состоит из следующих модулей:

1. Модуль работы с камерой. Данный модуль захватывает изображение с камеры микроскопа с задаваемым разрешением и частотой кадров. Если не удаётся установить соединение с камерой, то модуль заменяет изображение с камеры заранее подготовленными изображениями, эмулирующие работу с камерой и выдаёт предупреждение об этом.

2. Модуль работы с изображениями. Данный модуль получает на вход захваченное изображение, производит его обработку и выводит на экран форму, содержащую изображение, управляющие и информационные элементы. На форме и на самом изображении существует возможность выбора места расположения области, в которой производится вычисление средней интенсивности пикселей или показателя отражения. Так же на форме задаётся размер этой области и, при необходимости, выбирается имя мацерала, внутри которого находится считываемая область. Так же после калибровки в модуле строится и хранится калибровочная кривая, которая переводит среднюю интенсивность в показатель отражения. Итоговая средняя интенсивность пикселей для текущего измерения в выбранной области считается, как среднее значение средних интенсивностей на всех кадрах, полученных в течение времени интегрирования. Для информирования пользователя на форме указывается время интегрирования и шкала, отображающая прогресс текущего измерения и последняя измеренная интенсивность или показатель отражения. В зависимости от проводимого испытания модуль может вычислять среднюю интенсивность пикселей в выбранной области и возвращать запросившему её модулю это значение и/или имя мацерала. Так же существует возможность проверки средней интенсивности в области без передачи её в модули проведения испытаний.

3. Модуль калибровки. Модуль калибровки обеспечивает проведение калибровки программного обеспечения и отображает её результаты. На форме данного модуля задаётся время интегрирования и количество эталонов, по которым будет строиться калибровочная кривая. Для информирования пользователя здесь отображаются калибровочная кривая и текстовые элементы: левая и правая границы калибровочной кривой, её минимум и максимум, а так же эффективность проведённой калибровки.

4. Модуль проведения испытания по ГОСТ Р 55659-2013. Данный модуль обеспечивает проведение испытаний в соответствии с ГОСТ Р 55659-2013. На форме данного модуля задаётся количество измерений и допустим диапазон показателя отражения, который будет использоваться в испытаниях. Для информирования пользователя здесь отображаются настройки захвата, рефлектограмма испытания и текстовые элементы: последнее измерение, минимум и максимум рефлектограммы, среднеквадратичное отклонение, среднее арифметическое рефлектограммы и количество измерений. Результатом работы модуля является интервальный ряд с количеством попавших в каждый отрезок измерений. Так же данный модуль хранит все данные о последнем испытании и обеспечивает возможность заменить или удалить любое из проведённых измерений.

5. Модуль проведения испытания для определения мацерального состава. Данный модуль обеспечивает проведение испытаний, определяющих мацеральный состав пробы. На форме данного модуля задаётся количество измерений. Для информирования пользователя здесь отображаются таблицы, в которых записаны количества измерений, сгруппированных по мацералам, и все проведённые измерения, с указанием выбранного мацерала, а также текстовые элементы: настройки захвата, допустимый диапазон показателя отражения, который будет использоваться в испытаниях, имя последнего обработанного мацерала, количество измерений и количество отошающих компонентов. Результатом работы модуля является таблица, в которой указывается имя мацерала и количество его вхождений в образец. Так же данный модуль хранит все данные о последнем испытании и обеспечивает возможность заменить или удалить любое из проведённых измерений.

6. Модуль проведения комбинированного испытания. Данный модуль обеспечивает одновременное проведение испытаний в соответствии с ГОСТ Р 55659-2013 и испытаний для определений мацерального состава. На форме данного модуля задаётся количество измерений и допустимый диапазон показателя отражения, который будет использоваться в испытаниях. Для информирования пользователя здесь отображаются настройки захвата, рефлектограмма испытания и текстовые элементы: последнее измерение, минимум и максимум рефлектограммы, среднеквадратичное отклонение, среднее арифметическое рефлектограммы, количество измерений и количество отошающих компонентов. Результатом работы модуля является интервальный ряд с количеством попавших в каждый отрезок измерений и таблица, в которой указывается имя мацерала и количество его вхождений в образец. Так же данный модуль хранит все данные о последнем испытании и обеспечивает возможность заменить или удалить любое из проведённых измерений.

7. Модуль работы с графиками. Данный модуль получает на вход массив значений, длину массива, смещение первого значения по оси абсцисс, цену деления и подписи для осей. В результате строится график по полученным

данным. График можно увеличивать, передвигать и смотреть координаты выбранной точки с точностью до сотых.

8. Модуль составления отчёта. Данный модуль получает на вход массив значений рефлектограммы, данные о мацеральном составе, правую и левую границы рефлектограммы и цену её деления. Внутри модуля вводятся дополнительные необходимые для отчёта данные. После чего формируется файл отчёта и сохраняется в указанную директорию. Если во время составления отчёта не произошло ошибок, то данные об испытаниях заносятся в базу данных при помощи модуля работы с архивом.

9. Модуль работы с архивом испытаний. Данный модуль обращается к базе данных и выводит информацию, содержащуюся в ней. Так же можно осуществлять поиск в базе данных по номеру протокола испытаний, номеру образца, времени проведения измерений, организации-поставщику или номеру сертификата. При необходимости, возможно восстановить отчёт об уже проводившемся испытании при помощи модуля составления отчётности и хранящейся в базе данных информации об испытании или просмотреть детальную информацию о нём.

10. Модуль главного окна. Этот модуль выполняет задачу организации совместной работы всех предыдущих модулей.

Таким образом, было реализовано программное обеспечение для петрографического комплекса в соответствии с выдвинутыми требованиями, которое позволяет с помощью цифровой камеры и микроскопа измерять показатели отражения витринита, определять мацеральный состав пробы, создавать на основе собранных данных отчёт и записывать их в архив, а также позволяет сделать все описанные процессы максимально простыми и удобными для пользователя.

Список литературы:

1. ГОСТ Р 55663-2013. Методы петрографического анализа углей. Часть 2. Методы подготовки проб углей [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200105480> (Дата обращения: 25.03.2019)
2. ГОСТ Р 55659-2013 (ИСО 7404-5:2009) Методы петрографического анализа углей. Часть 5. Метод определения показателя отражения витринита с помощью микроскопа [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200105476> (Дата обращения: 25.03.2019)