

МЕТОДИКА ПРОГРАММНОЙ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПОСЛЕ НАСЫЩЕНИЯ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ЛЮМИНОФОРОМ

К.И. Багринцева¹, Р.С. Сауткин², Г.И. Шершуков¹

1 - ФГУП «ВНИГНИ», Москва, Россия

2 - Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Доклад посвящен применению компьютерных технологий при изучении экспериментальных данных по методу капиллярного насыщения пород люминофором.

EXPERIMENTAL DATA PROCESSING METHODOLOGY AFTER LUMINOPHORE SATURATION OF CARBONATE ROCKS

K.I. Bagrintseva, R.S. Sautkin, G.I. Shershukov

VNIGNI, Moscow, Russia

The report focuses on the application of computer technology in the study of experimental data in the luminophore saturation of reservoir rocks method.

Одной из важнейших задач при подсчете запасов углеводородов является достоверная оценка внутреннего объема пустотного пространства. Данный вопрос необходимо решать, используя современный подход – обрабатывать экспериментальные данные, полученных в результате исследований насыщенных люминофором образцов керна, не вручную, а на компьютере.

Полученная информация о характере трещиноватости и кавернозности карбонатных пород является крайне важной при изучении нефтяных и газовых месторождений.

В настоящее время во «Всероссийском научно-исследовательском геологическом нефтяном институте» (ВНИГНИ) используется метод капиллярного насыщения пород люминофором для оценки особенностей строения сложного пустотного пространства карбонатных коллекторов (Багринцева, 1977).

Метод простой, не требует дорогостоящего оборудования, основан на использовании нескольких физических явлений: капиллярное насыщение, эффект сорбции и люминесценция вещества в источнике ультрафиолетового света.

Метод включает ряд операций:

- Экспресс-оценка трещиноватости керна и отбор наиболее информативных образцов для изготовления кубика;
- Изготовление ориентированного кубика с гранью 5 см;
- Насыщение под вакуумом образца люминофором (люминесцирующая жидкость в состав которой входит керосин, нориол-А, бензин В-70 и эмульгаторы);
- Обработка поверхности граней сорбентом для проявления различных видов открытых пустот;
- Фотографирование граней образца в источнике ультрафиолетового света;
- Определение количественных параметров по фотоснимкам.

Прежде снятие экспериментальных данных, таких как длина трещин, раскрытость и поверхностная плотность трещин, проводилось лаборантом на фотографии при помощи курвиметра.

Была поставлена задача: воспроизвести процесс обработки изображения керна кубической формы более простым, современным, компьютерным способом.

На данный момент разработана программа LAM (LuminophoreAnalysisMethod), которая позволяет при наличии цифровой фотографии развертки керна кубической формы

определить открытую емкость трещин, пор и каверн, поверхностную плотность трещин на каждой грани кубика и его средний показатель.

Методика нахождения данных показателей при компьютерной обработке в основном заключается в выделении границ трещин на поверхности. Для этого был применен метод определения границ алгоритмом Кэнни (J.CannyEdgeDetection). Хотя его работа была проведена в далеком 1986 г., метод определения границ Кэнни до сих пор является одним из лучших.

Алгоритм Кэнни удовлетворяет трём критериям:

- точное обнаружение (положение);
- локализация (уточнение);
- единственность (граница укладывается в одну точку).

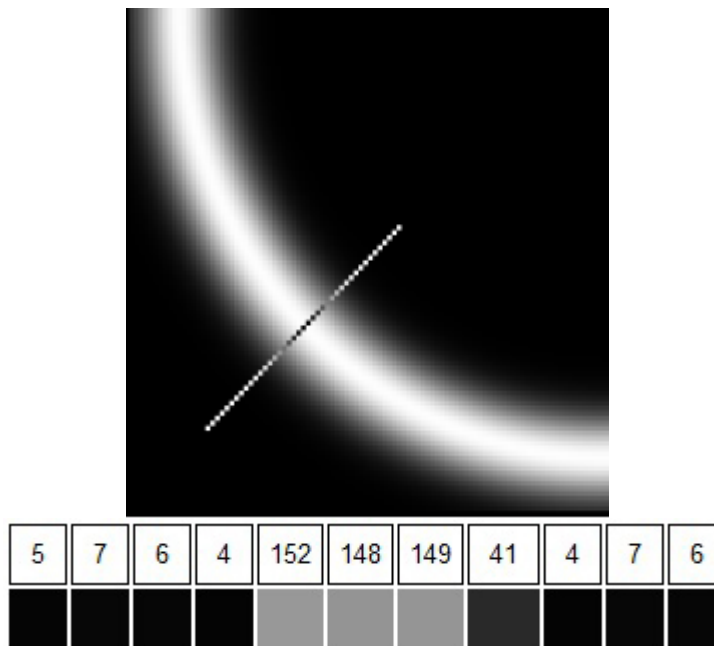
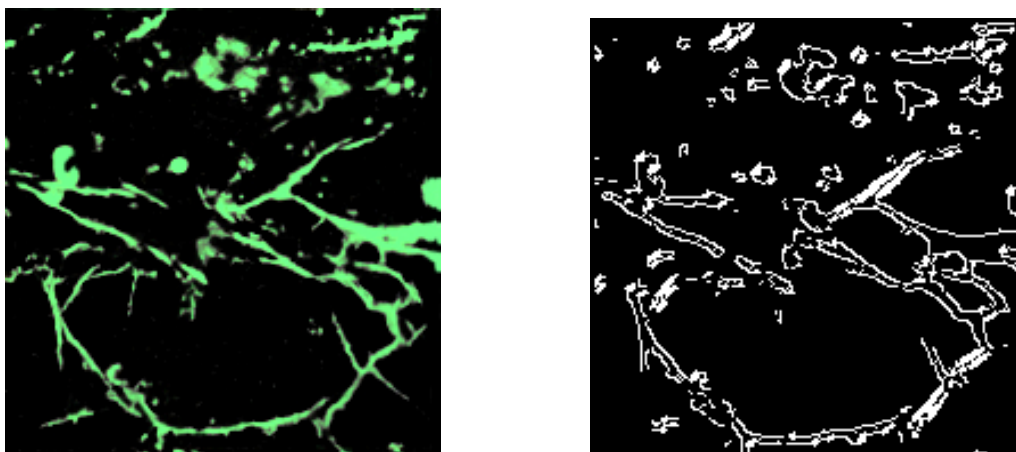


Рис. 1. Значение градиента максимально в местах увеличения/уменьшения яркости

Алгоритм состоит из пяти отдельных шагов:

1. Сглаживание. Размытие изображения для удаления шума;
2. Поиск градиентов. Границы отмечаются там, где градиент изображения приобретает максимальное значение (рис. 1);
3. Подавление не-максимумов. Только локальные максимумы отмечаются как границы;
4. Двойная пороговая фильтрация. Потенциальные границы определяются порогами;
5. Трассировка области неоднозначности. Итоговые границы определяются путём подавления всех краёв, несвязанных с определенными (сильными) границами.

Открытая емкость трещин и каверн определяется по гистограмме цветов поверхности граней. Это обосновывается тем, что трещины и каверны на образце, насыщенном люминофором, светятся под ультрафиолетовым светом (а непроницаемая порода остается темной), что отчетливо видно на фотографиях граней (рис. 2).



**Рис. 2. Насыщенная люминофором грань кубика (слева)
Выявленные границы трещин (справа)**

Работа с программой легка и не представляет трудностей у специалиста, интуитивна и состоит из нескольких простых шагов.

Шаг 1. Открытие изображения развертки образца, насыщенного люминофором в программе.

Шаг 2. Задаем пороговое значение для отсеечения лишних граничных точек. На данном этапе и проходит основная часть работы. Порог яркости свечения устанавливает границу определения трещин от пород. Так как машинное зрение опирается на численный параметр яркости, самостоятельно отделить зияющие и мельчайшие трещины она не может.

Шаг 3. Запускаем алгоритм определения границ. (Options>Canny Edge Detection).

В зависимости от разрешения изображения процесс может занять от 5 до ~ 25 секунд.

Шаг 4. Меняя пороговое значение, оператор видит как изменяются найденные границы.

Шаг 5. Обсчет полученных границ. (Options>Showresult).

В поле результатов отображаются данные поверхностной плотности трещин по 6 граням и их среднее значение.

Шаг 6. Расчет поверхностной емкости по гистограмме. (Options>Histogram).

В окне программы отображается гистограмма исходного изображения. Изменяя положение курсора линейки под гистограммой, оператор выбирает эффективную площадь, занимаемую трещинами и порами (т.е. количество пикселей, определяющих данную поверхность).

По завершении работы с образцом предлагается сохранить полученные данные в отдельный файл для последующей работы с ними.

Результаты тестирования программы приведены в таблице № 1.

Результат работы программы показал, что отклонение от лабораторных измерений, проведенных лаборантом вручную, имеют погрешность до 10 % на образце трещинного типа. Данное отклонение можно считать допустимым.

Преимущество программной обработки экспериментальных данных заключается в скорости просчета, большей достоверности полученной информации в отличие от ручного просчета и возможность дальнейшего увеличения функций программы.

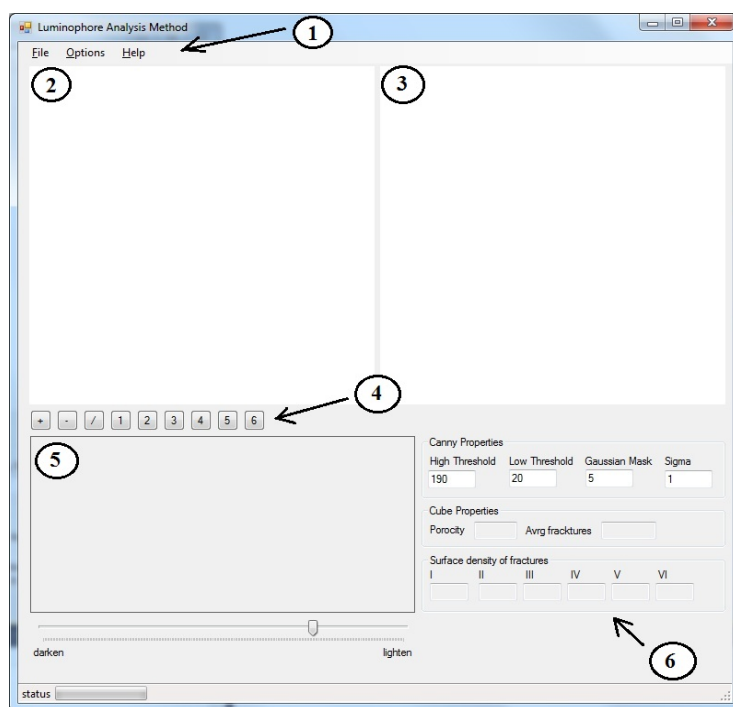


Таблица 1. Интерфейс программы LAM

1 – меню; 2 – окно оригинального изображения; 3 – окно отредактированного изображения; 4 – кнопки управления масштабом и быстрого перехода по граням куба; 5 – окно отображения гистограммы; 6 – место вывода данных.

Литература

1. Багринцева К.И. Условия формирования и свойства карбонатных коллекторов нефти и газа // М.: РГГУ, 1999.
2. Багринцева К.И., Дмитриевский А.Н., Бочко Р.А. Атлас карбонатных коллекторов месторождений нефти и газа. // ВНИГНИ. 2003.
3. Bagrintseva K.I., Chilingar G.V. Study of Fractures and Vugs in Carbonate Reservoirs // Energy Sources, Part A. № 30. 2008.
4. Багринцева К.И., Сауткин Р.С., Шершуков Г.И. Применение капиллярной дефектоскопии в нефтяной геологии для выделения и оценки трещиноватости в горных породах // Megatech, № 1. 2013.