

## УЧЕТ В ПЕТРОФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОДУКТИВНОГО ПЛАСТА РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ЦЕМЕНТА

© 2005 М.А Борисов  
ЗАО “Пангея”, г.Москва

Многokратно отмечалось, что даже самые лучшие терригенные коллекторы часто содержат незначительное количество глинистого (2-3%) материала. Это приводит к снижению фактической максимальной аномалии кривой СП, по сравнению с рассчитанной теоретически, а также к повышению минимальных показаний метода ГК.

В результате анализа большого объема данных керна сегодня мы можем расширить это утверждение, сказав, что, помимо глинистого материала, в лучших коллекторах может присутствовать и карбонатный материал. Для усовершенствования с учетом этого утверждения петрофизической модели продуктивного пласта [1] нужно разобраться, в каком виде глинистый и карбонатный материал может присутствовать в лучших коллекторах.

1. Логично предположить, что в лучшем коллекторе глинистый материал может находиться на контактах зерен скелета, цементируя их. В этом случае глинистый цемент не «защищается» зернами скелета от горного давления и его пористость отличается от пористости глинистого дисперсного цемента и, по-видимому, близка к пористости глин.
2. Вместо глинистого материала зерна скелета могут быть сцементированы карбонатным цементом, тоже находящимся под действием горного давления, а значит, имеющим более низкую открытую пористость, чем карбонатный дисперсный цемент.
3. В лучшем коллекторе, помимо цемента на стыках зерен, может находиться структурный глинистый и (или) карбонатный цемент (Рис. 1). Он представляет собой образования глинистого или карбонатного материала, по форме и размерам близкие к зернам скелета. Пример наличия в лучших терригенных коллекторах одного из месторождений Западной Сибири структурного глинистого цемента рассмотрен в работе [2].

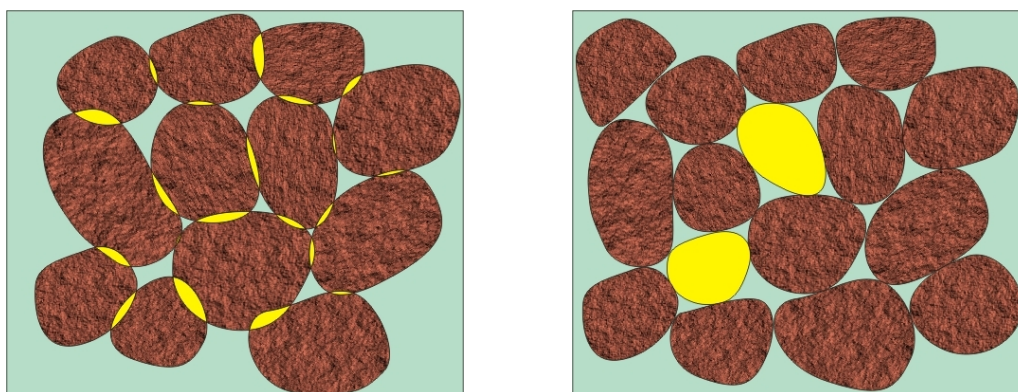


Рис. 1. Виды цемента, в лучших коллекторах

Для учета рассмотренных вариантов появления в лучших терригенных коллекторах цементирующего глинистого и (или) карбонатного материала в петрофизическую модель продуктивного пласта необходимо было внести некоторые дополнения. Так, в предыдущем варианте петрофизической модели продуктивного пласта (не учитывающем наличие цемента в лучших коллекторах) модели, описывающие открытую пористость и содержание твердых компонент цементов, имели вид:

$$K_p = K_{пск} - K_{цем} \quad (1)$$

$$K_{цем} = K_{гл} + K_{карб} \quad (2)$$

где  $K_p$ - открытая пористость породы,  $K_{пск}$ - пористость скелета,  $K_{цем}$  – суммарное содержание твердых компонент цемента,  $K_{гл}$  – содержание твердой компоненты глинистого цемента,  $K_{карб}$  – содержание твердой компоненты карбонатного цемента.

При учете цементации лучших коллекторов модель (2) преобразуется следующим образом:

$$K_{цем} = K_{цем.дисп} + K_{цем.стр} + K_{цем.ст} \quad (3)$$

где  $K_{цем}$  –  $K_{цем.дисп}$ - объемное содержание твердой компоненты дисперсного цемента,  $K_{цем.стр}$ - объемное содержание твердой компоненты структурного цемента,  $K_{цем.ст}$ - объемное содержание твердой компоненты цемента на стыках между зернами. Или, если более подробно расписать компоненты, то получим:

$$K_{цем} = K_{гл.дисп} + K_{карб.дисп} + K_{гл.стр} + K_{карб.стр} + K_{гл.ст} + K_{карб.ст} \quad (4)$$

При этом свойства структурного и стыкового цемента, скорее всего, не отличаются от свойств плотной породы, представленной аналогичной смесью глинистого и карбонатного материалов. Так как на практике зачастую трудно определить характеристики отдельных компонент этих цемента, для упрощения модели мы посчитали возможным совместить эти два вида цемента - структурный и стыковой. Сумму этих двух видов цемента будем упрощенно называть структурным цементом. Таким образом, выражение (4) можно записать:

$$K_{цем} = K_{гл.дисп} + K_{карб.дисп} + K_{гл.стр} + K_{карб.стр} \quad (5)$$

При появлении в лучших коллекторах структурного цемента, в них появляется неэффективная пористость представленная порами структурного цемента, в результате чего выражение (1) примет вид:

$$K_p = K_{пск} - K_{гл.дисп} - K_{карб.дисп} + K_{гл.стр} \omega_{адс.стр} + K_{карб.стр} \omega_{кап.стр} \quad (6)$$

где  $\omega_{адс.стр}$  и  $\omega_{кап.стр}$  - содержание связанной воды в глинистом и карбонатном материале структурного цемента.

Содержание связанной воды глинистого и карбонатного материала, входящего в структурный цемент, обычно ниже, чем у материала, составляющего дисперсный цемент. Это объясняется тем, что дисперсный цемент как бы огражден зернами скелета породы от горного давления, а на структурный цемент горное давление действует, что и обуславливает изменение его свойств.

В результате обработки фактических материалов нами было установлено, что в коллекторах Западной Сибири часто имеется структурный глинистый цемент, содержание которого колеблется от 5 до 10% от объема породы. Его открытая пористость равна пористости вмещающих глин.

$$K_{п.цем.стр} = \omega_{стр} / (1 + \omega_{стр}) \quad (7)$$

Содержание цемента на стыках зерен условно принимается равным 2-3% от объема породы. Его открытая пористость также равна пористости вмещающих глин.

В программе Петрофизика [3] добавлена возможность учитывать структурный цемент, как смесь глинистого и карбонатного материалов со своими свойствами (рис.2). Структурный цемент учитывается в виде постоянной величины, задаваемой пользователем. При этом пористость отложений становится выше пористости скелета породы – этот факт обусловлен добавлением неэффективных пор структурного цемента в общую пористость.

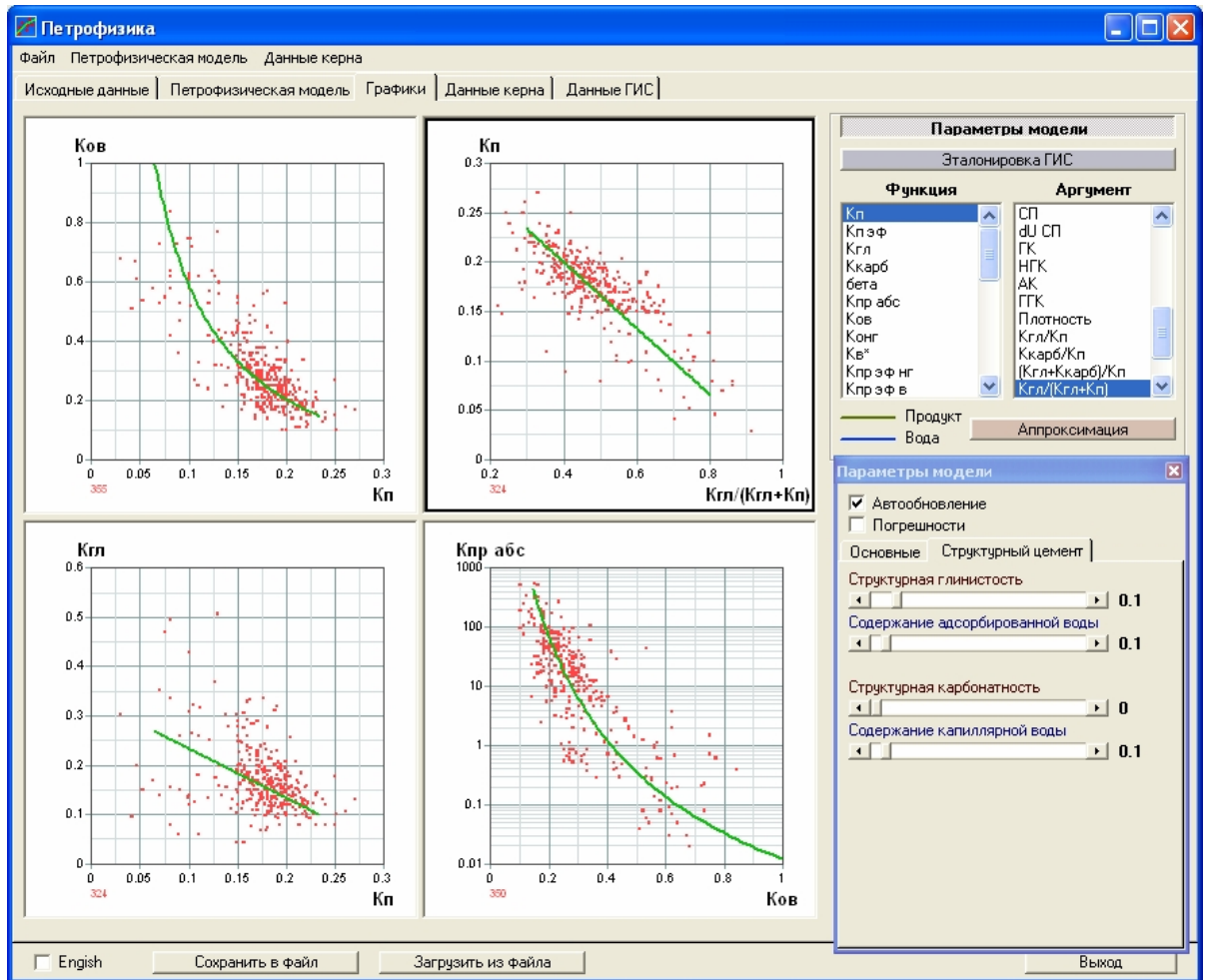


Рис. 2. Окно программы Петрофизика (вариант со структурным глинистым цементом)

На примере Марковского месторождения мы можем продемонстрировать работу программы Петрофизика в случае, когда присутствует глинистый структурный цемент. На представленном рисунке видно, что связь  $K_p$ -относительная глинистость (отн.Гл) начинается не с нулевой глинистости, а со значений примерно 0.26. А так же на графике  $K_p - K_{гл}$  глинистость так же начинается не с нуля. Это позволяет говорить, что в лучших образцах содержатся структурный и стыковый типы цементов.

Вообще подобная картина может наблюдаться в двух случаях:

1. Присутствует структурный цемент.
2. Недостаточный вынос керна - выборка не представительная.

Второй случай часто встречается в отложениях, залегающих на небольшой глубине и имеющих большую пористость и слобосцементированных. В таких отложениях часто невозможно исследовать лучшие образцы керна, т.к. они обычно разрушаются.

### Литература

1. Элланский М.М. Петрофизические основы комплексной интерпретации данных геофизических исследований скважин. – М.: ГЕРС.
2. Элланский М.М. Повышение информативности геолого-геофизических методов изучения залежей нефти и газа при их поисках и разведке.- М.: Техника. ТУМА ГРУПП. 2004.
3. Элланский М.М. Инженерия нефтегазовой залежи. Том 1. Нефтегазовая залежь и ее изучение по скважинным данным. – М.: Техника. ТУМА ГРУПП. 2001.