# СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕТРОФИЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МНОГОМЕРНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ГИС И КЕРНА

Элланский М.М, Еникеев Б.Н., Кольчицкая Т.Н., Борисов МА, Лопатин А.Ю., Охрименко А.Б.

### Проблемы и решения

- 1. Недостаточность полезной информации...
- 2. Необходимость существенного расширения набора характеристик...
- 3. Построение системы интерпретационных моделей...
- 4. Разработка методики комплексной (многомерной) интерпретации...
- 5. Реализация...

### Проблемы и решения



# 1. Недостаточность полезной информации

о продуктивных отложениях, извлекаемой традиционными методами интерпретации скважинных данных, в первую очередь материалов геофизических исследований скважин – ГИС и результатов анализа керна...

#### Причина

Перспективные отложения усложняются, а методики упрощены

### 1. Недостаточность полезной информации

Недостаточность извлекаемой из скважинных данных полезной информации о продуктивных отложениях проявляется при решении практически всех задач комплексной интерпретации, начиная с выделения коллекторов в разрезе скважины и кончая изучением степени обводненности продуктивных коллекторов при разработке месторождений нефти и газа

#### Причина

Перспективные отложения усложняются, а методики упрощены

# 2. Необходимость существенного расширения набора

характеристик продуктивных отложений, используемых при решении задач комплексной (многомерной) интерпретации скважинных данных.

#### Причина

**Нельзя описать неклассические объекты упрощенными классическими методами** 

# 2. Необходимость существенного расширения набора

выбран следующий **оптимальный набор характеристик продуктивных отложений**, включающий, помимо традиционно оцениваемых характеристик (открытой пористости, нефтегазонасыщенности, глинистости —для терригенных пород и содержания литологических компонент матрицы — для карбонатных пород):

#### Причина

Нельзя описать неклассические объекты упрощенными классическими методами

# 2. Необходимость существенного расширения набора

- остаточные (не участвующие в фильтрации) водо и нефтегазонасыщенность),
- абсолютная, эффективная и фазовая проницаемость по нефти, газу и воде,
- коэффициент гидрофобности (гидрофобизации),
- текущий и конечный коэффициент вытеснения нефти (газа), причем последний расчленяется на две составляющие, учитывающие, сколько будет вытеснено безводной нефти (безводного газа) и нефти (газа) с водой.

#### Причина

Нельзя описать неклассические объекты упрощенными классическими методами

устанавливающей связь между измеряемыми по скважинным данным величинами, с одной стороны, и расширенным набором характеристик продуктивных отложений, с другой.

#### **Необходимость**

Разработанные на основе этой системы методики комплексной интерпретации данных ГИС и керна, реализованные в виде программ для ЭВМ, с конца 70- ых годов прошлого века неоднократно использовались при решении различных задач поисков, разведки и разработки в различных районах России и бывшего СССР (Западная Сибирь, Якутия, Украина, Узбекистан, Волгоградская область, о-в Сахалин и т.д.), в том числе и при подсчете запасов нефти и газа с утверждением в ГКЗ России ранее – в ГКЗ СССР)

### Необходимость

# 3. Принципиальные отличия созданной системы моделей

### 1.Все модели являются общими, дедуктивными.

Они настраиваются на конкретные геологические и скважинные условия путем подбора ряда параметров, что можно зачастую сделать на основе априорной информации и сведений о скважинных условиях (пластовая температура, удельные сопротивления пластовой воды и фильтрата бурового раствора), не проводя специальных дорогостоящих и долговременных петрофизических исследований керна.

### Необходимость

2.Модели рассматриваемой системы многомерны..

#### Необходимость

# 3.Глинистый и карбонатный цемент рассматриваются как двухкомпонентные среды, включающие твердую и поровую компоненты, имеющие специфические физические свойства. Такое представление глинистого и карбонатного цемента позволяет значительно точнее учесть их влияние на геофизические величины и характеристики продуктивных терригенных отложений.

#### Необходимость

4. Модель электрического сопротивления учитывает различное влияние глинистости на величину удельного сопротивления породы. Если удельное сопротивление двойного ионного слоя больше удельного сопротивления пластовой воды, наличие глинистого материала в породе способствует увеличению ее сопротивления. Если имеет место обратное соотношение удельных сопротивлений пластовой воды и двойного слоя, удельное сопротивление породы с глинистым цементом уменьшается.

### Необходимость

5. В рассматриваемой системе моделей впервые в мире производится количественный учет влияния минерализации воды, насыщающей поры продуктивной породы, на ее характеристики: электрическое сопротивление, остаточную водонасыщенность, эффективную и фазовую проницаемость по нефти (газу), воде и др.

### Необходимость

6. Впервые в мире производится количественная оценка коэффициента гидрофобизации породы и оценивается его влияние на сопротивление породы, абсолютную, эффективную и фазовую проницаемость и др. характеристики продуктивных пород.

### Необходимость

# 7. Выделяются следующие компоненты характеристик породы:

- а) остаточные водо и нефтегазонасыщенность скелета породы,
- б) капиллярные водо и нефтегазонасыщенность в порах карбонатного цемента,
- в) адсорбционные водо и углеводородонасыщенность в порах глинистого цемента,
- г) "островные" (по С.Д. Пирсону) водо и нефтегазонасыщенность

#### Необходимость

8. Впервые в мире расчет всех видов проницаемости продуктивных терригенных пород (а также карбонатных пород гранулярного типа) производится не эмпирически, а по единой теоретической формуле, полученной из формулы Козени для проницаемости идеального грунта

### Необходимость

Разработанные на основе этой системы методики комплексной интерпретации данных ГИС и керна, реализованные в виде программ для ЭВМ, с конца 70- ых годов прошлого века неоднократно использовались при решении различных задач поисков, разведки и разработки в различных районах России и бывшего СССР (Западная Сибирь, Якутия, Украина, Узбекистан, Волгоградская область, о-в Сахалин и т.д.), в том числе и при подсчете запасов нефти и газа с утверждением в ГКЗ России ранее – в ГКЗ СССР)

### Необходимость

# 4. Разработка методики комплексной (многомерной) интерпретации

скважинных данных, позволяющей

- а) оценивать расширенный набор характеристик продуктивных отложений,
- б) используя этот набор, повысить эффективность решения "старых" задач комплексной интерпретации скважинных данных
- в) поставить и решать "новые" задачи комплексной интерпретации скважинных данных,
- что позволит существенно увеличить объем полезной информации о продуктивных отложениях, извлекаемый из скважинных данных.

### Модель без методики неконструктивна

# Проблемы и решения



# 4. Разработка методики комплексной (многомерной) интерпретации

Методика, о которой идет речь, была реализована:

- .Программы "Петрофизика", "Фиеста-2000", "Чайна" и "Ретро-2000" для изучения типичных терригенных отложений по данным ГИС.
- .Программа "Карбонаты-2000" для изучения сложных карбонатных отложений по данным ГИС.
- .Программы "Керн" и "Керн –ГИС" для оценки подсчетных и других характеристик продуктивных отложений с учетом данных керна и ГИС.

#### Модель без методики неконструктивна

для персональных компьютеров, реализующих разработанную методику интерпретации данных ГИС

#### Наши возможности

Без теории интерпретация мертва, без моделей она суха

Программа "Петрофизика" предназначена для построения петрофизической модели продуктивного пласта с типичными терригенными отложениями, имеющими либо только глинистый цемент, либо глинистый и карбонатный цемент.

#### Модель без методики неконструктивна

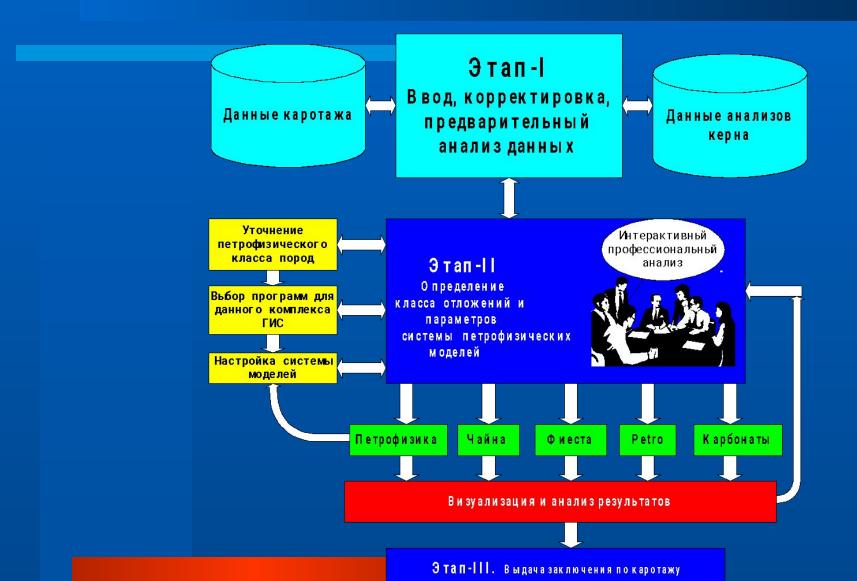
Для типичных терригенных отложений справедливо следующее

соотношение:  $K_{\text{п.ск.}} = K_{\text{н. карб}} + K_{\text{карб}}$ , где  $K_{\text{п.ск.}}$  пористость скелета породы,  $K_{\text{п}}$  - открытая пористость породы,  $K_{\text{гл}}$ ,  $K_{\text{карб}}$  – объмная глинистость и объемная карбонатность породы.

Петрофизическая модель продуктивного пласта, не имеющая мировых аналогов, строится в виде таблицы, каждая строка которой описывает свойства одной из градаций продуктивного пласта: от самого лучшего коллектора – так называемого скелета породы, до наиболее уплотненной породы, сохраняющей жесткий скелет, полностью заполненный цементом.

#### Модель без методики неконструктивна

# Проблемы и решения



Изучение петрофизической модели продуктивного пласта дает возможность создать петрофизическую основу комплексной интерпретации скважинных данных и, в первую очередь, данных ГИС. В программе "Петрофизика" можно задавать три варианта состава цемента:

- 1) глинистый цемент,
- 2) карбонатный цемент,
- 3)"смесь" глинистого и карбонатного цемента
- . Кроме того, можно задавать различную степень гидрофобности продуктивных пород.

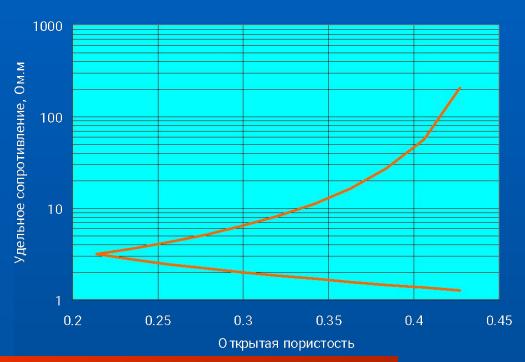
#### Модель без методики неконструктивна

С помощью программы "Петрофизика" можно строить любые двухмерные взаимосвязи между характеристиками, включенными в петрофизическую модель продуктивного пласта.

Можно построить 18 взаимосвязи каждой геофизической характеристикой и открытой пористостью, глинистостью и нефтегазонасыщенностью.

Таким путем можно построить, например, взаимосвязь любой характеристики с коэффициентом продуктивности.

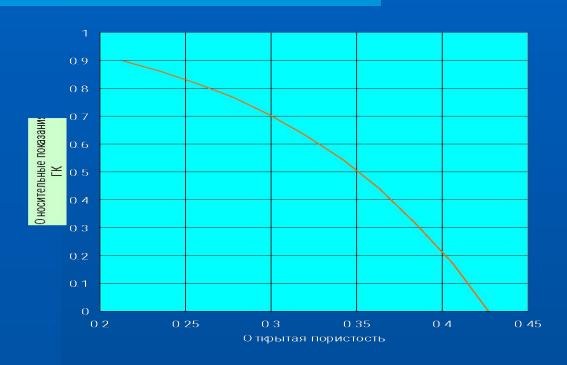
### Модель без методики неконструктивна



### Модель без методики неконструктивна



Модель без методики неконструктивна



#### Модель без методики неконструктивна



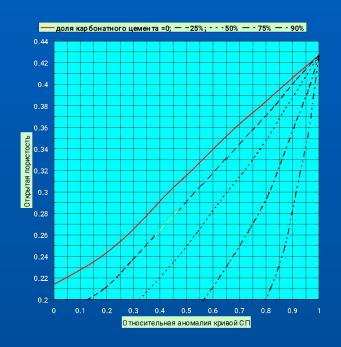
#### Модель без методики неконструктивна

- Программы "Фиеста-2000", "Чайна" и "Ретро-2000" осуществляют комплексную интерпретацию данных ГИС применительно к типичным терригенным отложениям.
- "Фиеста-2000" может "работать" с различными комплексами ГИС от максимально возможного до минимально необходимого.
- "Чайна" является частным вариантом предыдущей программы, настроенной на условия крупнейшего газового месторождения Китая Кла-2, коллекторы которого содержат в среднем 50% глинистого цемента и 50% карбонатного цемента, а плотные породы в основном состоят из карбонатного материала при 10-20% глинистого материала.
- "Ретро-2000" ориентирована на "старый" комплекс ГИС, включающий методы сопротивлений, собственных потенциалов СП и естественной радиоактивности ГК.

#### Модель без методики неконструктивна



#### Модель без методики неконструктивна

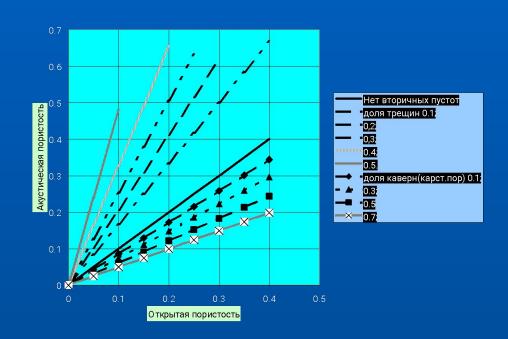


### Модель без методики неконструктивна

Программа "Карбонаты –2000" может быть использована для двух ситуаций: 1) имеется полный стандартный комплекс ГИС, включающий методы сопротивления, естественной радиоактивности, нейтронный или нейтронный—гамма, акустический и плотностной гамма-гамма метод и

2) имеется неполный комплекс, отличающийся от первого отсутствием плотностного гамма-гамма метода.

### Модель без методики неконструктивна



### Модель без методики неконструктивна

В результате интерпретации данных ГИС выделяются следующие типы пород:

- a) **соль** ("акустическая" пористость существенно выше "нейтронной + плотностной", пористость по сопротивлению ниже двух других),
- б) порода **трещинного типа** (акустическая пористость выше "нейтронной + плотностной", пористость по сопротивлению выше двух других),
- в) порода **порового типа** (все три оценки пористости близки, либо пористость по сопротивлению отличается в ту или другую сторону от близких друг другу оценок нейтронной и акустической пористости),
- г) порода **порово-кавернового типа** (пористость по сопротивлению близка к "нейтронной + плотностной", "нейтронная + плотностная" пористость существенно выше акустической пористости),
- д) порода **порово-карстового типа** (оценки "нейтронной + плотностной" и акустической пористости "ведут себя" так же, как и в предыдущем случае, а пористость по сопротивлению выше нейтронной).

### Модель без методики неконструктивна

# Проблемы и решения



Для каждого типа пород оцениваются остаточные водо и нефтегазонасыщенность. После этого рассчитываются коэффициент гидрофобизации, абсолютная и фазовая проницаемость пород по воде и нефти (газу), коэффициент продуктивности нефти (газа), водонефтяной или газоводяной фактор, конечный коэффициент вытеснения. В программе "Карбонаты-2000" предусмотрена возможность прогноза двух конечных коэффициентов вытеснения: для динамического вытеснения нефти водой и для ее капиллярного замещения водой.

### Модель без методики неконструктивна