

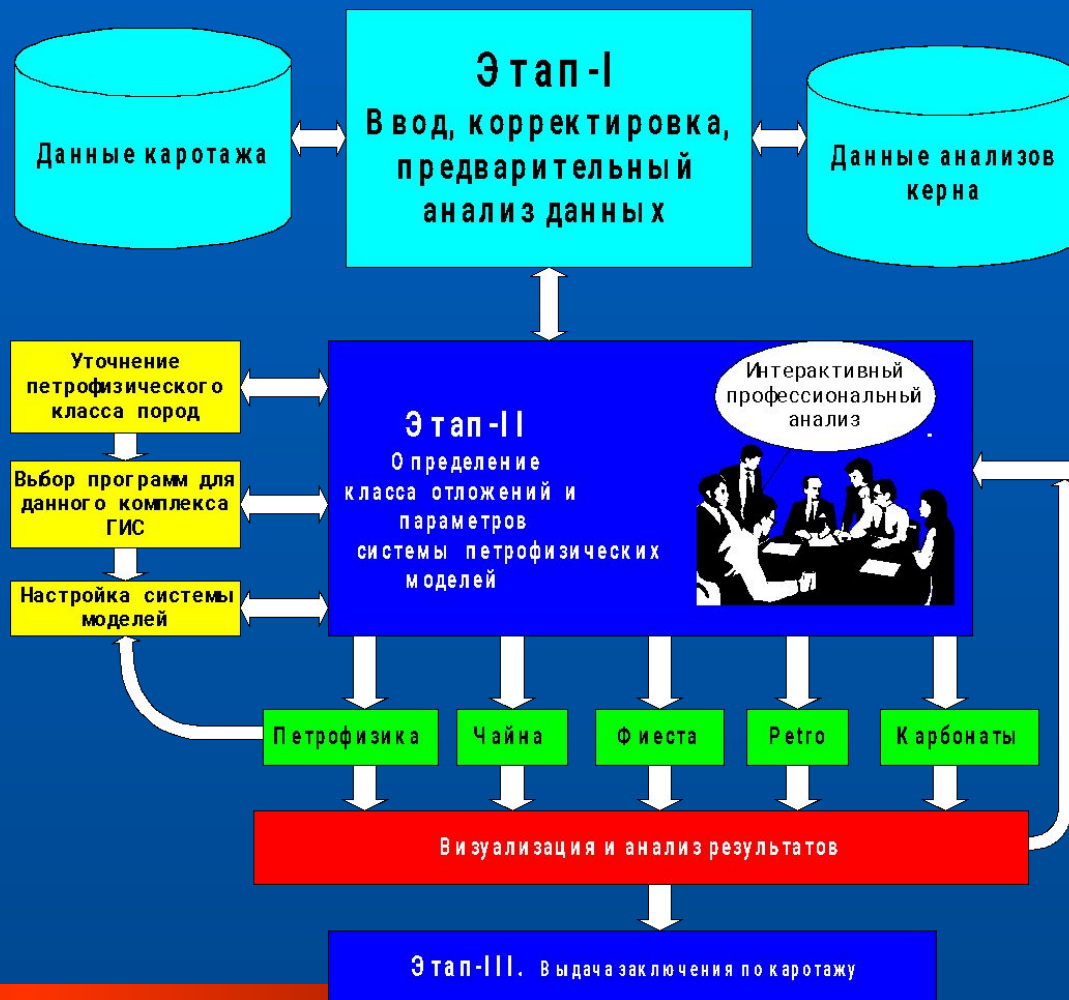
# СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕТРОФИЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МНОГОМЕРНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ГИС И КЕРНА

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**



# 3. Построение системы интерпретационных моделей,

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

## Необходимость

Интерпретация не основанная на моделях фиксирует только ожидаемые интерпретатором результаты

# 3. Построение системы интерпретационных моделей,

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

Интерпретация не основанная на моделях фиксирует только ожидаемые интерпретатором результаты

# 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

**Интерпретация не основанная на моделях фиксирует только ожидаемые интерпретатором результаты**

# 3. Построение системы интерпретационных моделей,

2. Модели рассматриваемой системы многомерны..

## Необходимость

Интерпретация не основанная на моделях фиксирует только ожидаемые интерпретатором результаты

# 3. Построение системы интерпретационных моделей,

**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**

**Интерпретация не основанная на моделях фиксирует только ожидаемые интерпретатором результаты**

# 3. Построение системы интерпретационных моделей,

**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

**Интерпретация не основанная на моделях фиксирует только ожидаемые интерпретатором результаты**

# 3. Построение системы интерпретационных моделей,

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

Интерпретация не основанная на моделях фиксирует только ожидаемые интерпретатором результаты

# 3. Построение системы интерпретационных моделей,

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

Интерпретация не основанная на моделях фиксирует только ожидаемые интерпретатором результаты



# 3. Построение системы интерпретационных моделей,

## 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

Интерпретация не основанная на моделях фиксирует только ожидаемые интерпретатором результаты

# 3. Построение системы интерпретационных моделей,

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

Интерпретация не основанная на моделях фиксирует только ожидаемые интерпретатором результаты

# 3. Построение системы интерпретационных моделей,

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

Интерпретация не основанная на моделях фиксирует только ожидаемые интерпретатором результаты

# 4. Разработка методики комплексной (многомерной) интерпретации

скважинных данных, позволяющей

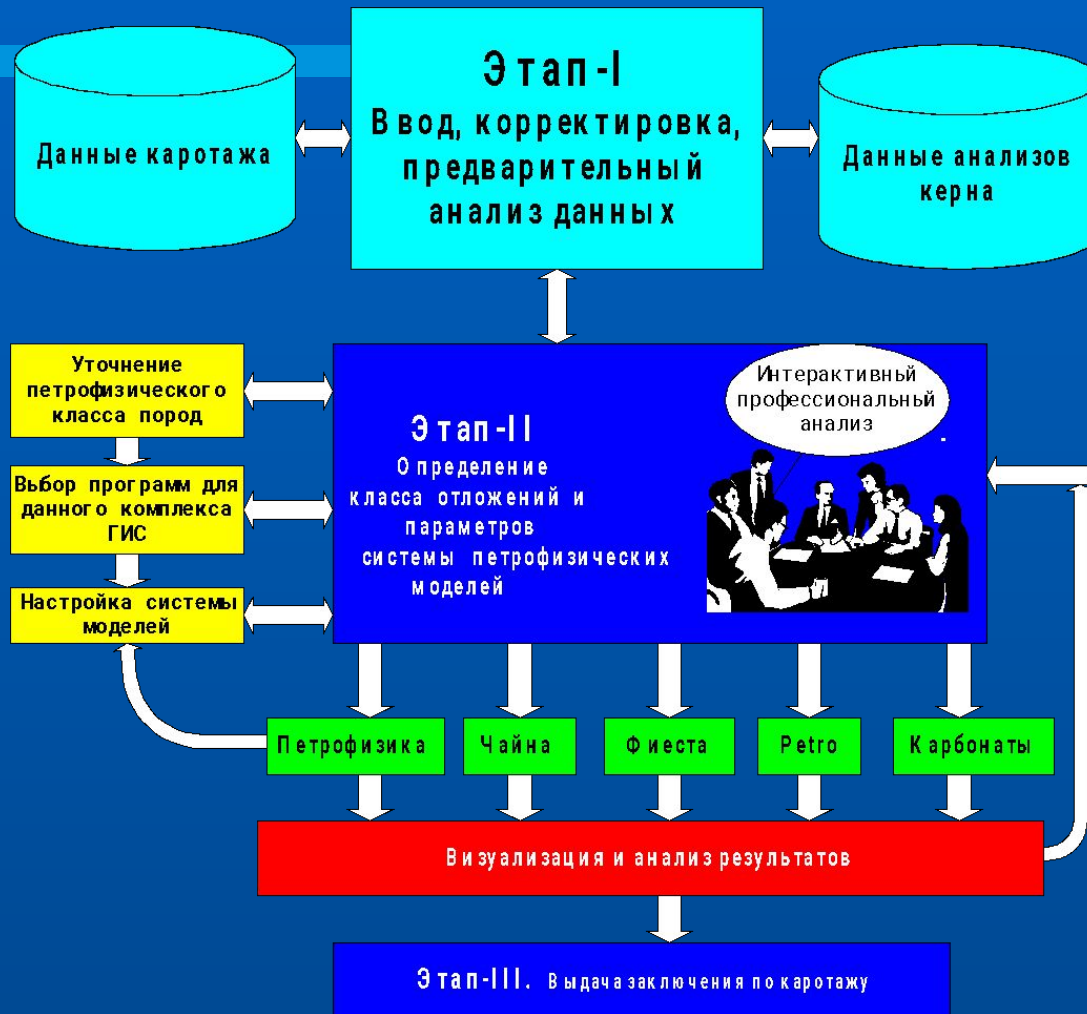
- а) оценивать расширенный набор характеристик продуктивных отложений,
- б) используя этот набор, повысить эффективность решения “старых” задач комплексной интерпретации скважинных данных
- в) поставить и решать “новые” задачи комплексной интерпретации скважинных данных,

что позволит существенно увеличить объем полезной информации о продуктивных отложениях, извлекаемый из скважинных данных.

**Модель без методики неконструктивна**

Разработка методики использования моделей продолжает ее совершенствование за счет практики работы

# 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**

**Разработка методики использования моделей продолжает ее совершенствование за счет практики работы**

# 5. Краткое описание программ

для персональных компьютеров,  
реализующих разработанную методику  
интерпретации данных ГИС

**Наши возможности**

**Без теории интерпретация мертва, без моделей она суха**

# 5. Краткое описание программ

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**

Разработка методики использования моделей продолжает ее совершенствование за счет практики работы



# 5. Краткое описание программ

Для типичных терригенных отложений справедливо следующее

соотношение:  $K_{п.ск.} = K_{п} + K_{гл} + K_{карб}$ ,

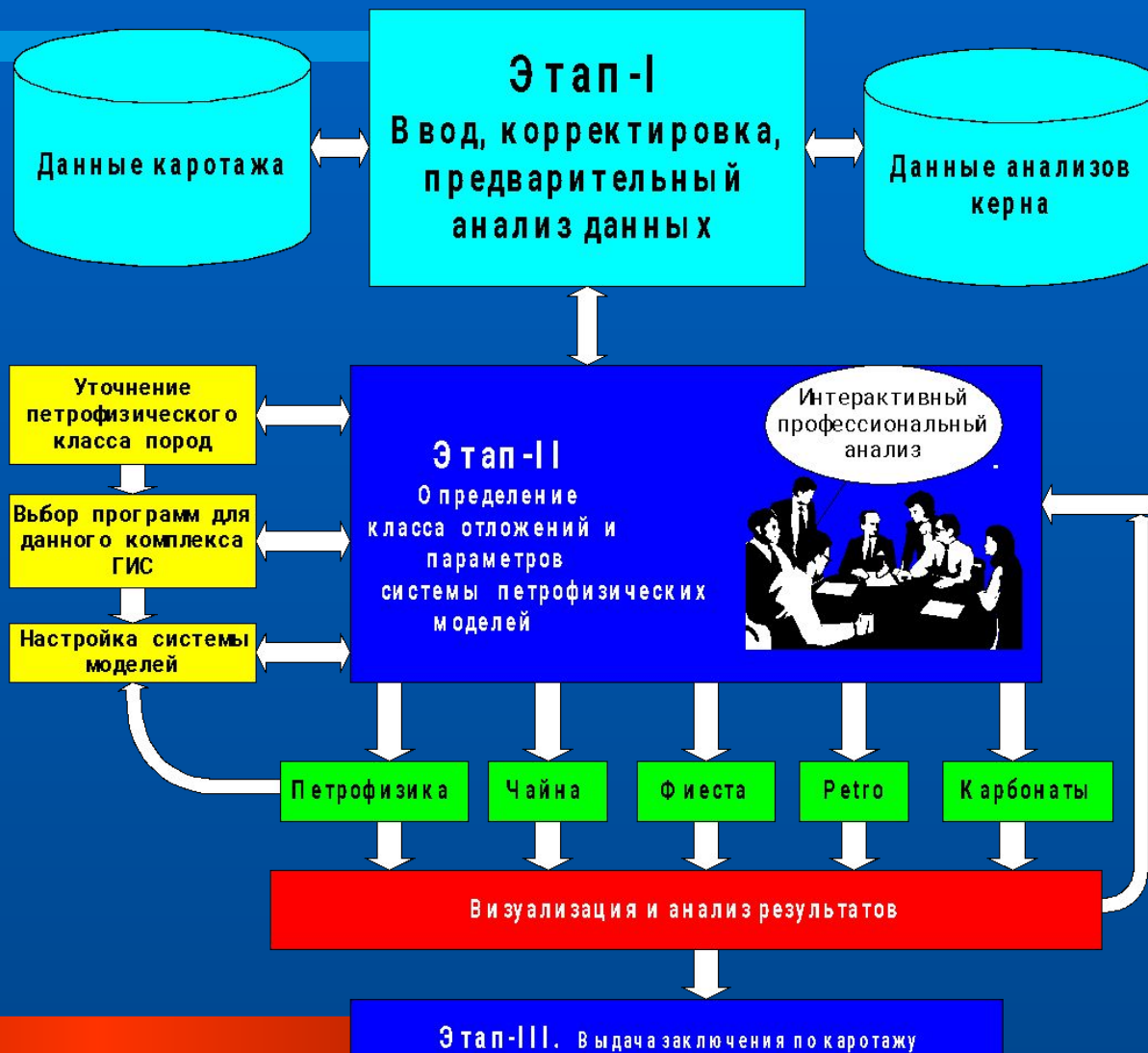
где  $K_{п.ск.}$  пористость скелета породы,  $K_{п}$  - открытая пористость породы,  $K_{гл}$ ,  $K_{карб}$  - объемная глинистость и объемная карбонатность породы.

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**

**Разработка методики использования моделей продолжает ее совершенствование за счет практики работы**

# Проблемы и решения



# 5. Краткое описание программ

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**

Разработка методики использования моделей продолжает ее совершенствование за счет практики работы

# 5. Краткое описание программ

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

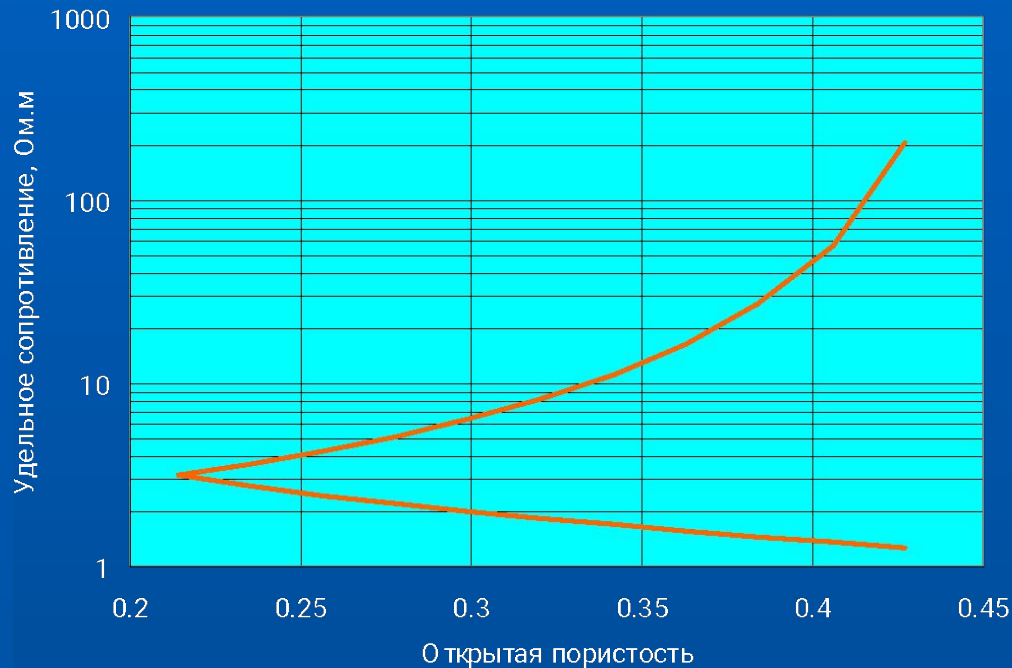
Можно построить 18 взаимосвязи каждой геофизической характеристикой и открытой пористостью, глинистостью и нефтегазонасыщенностью.

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

**Модель без методики неконструктивна**

**Разработка методики использования моделей продолжает ее совершенствование за счет практики работы**

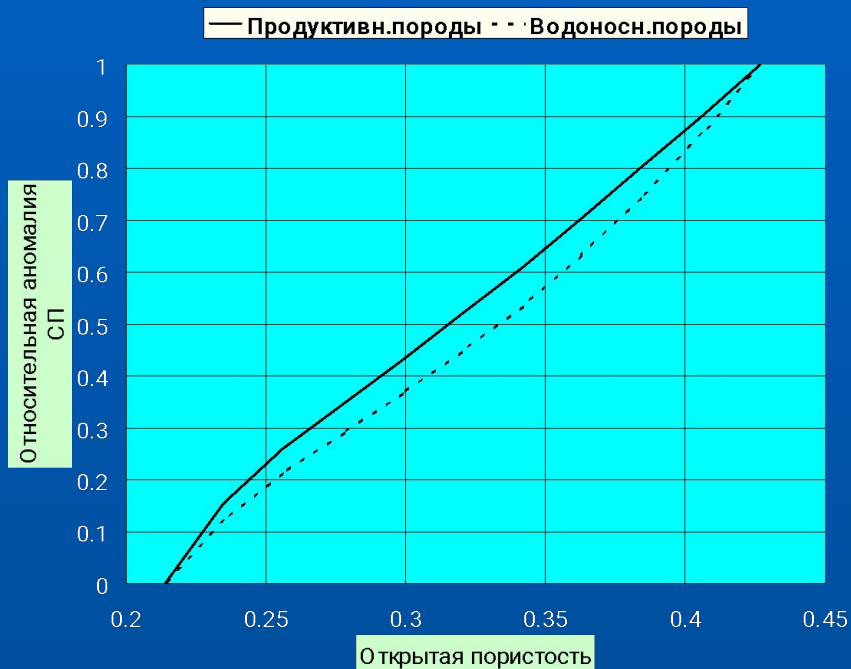
# 5. Краткое описание программ



**Модель без методики неконструктивна**

**Разработка методики использования моделей продолжает ее совершенствование за счет практики работы**

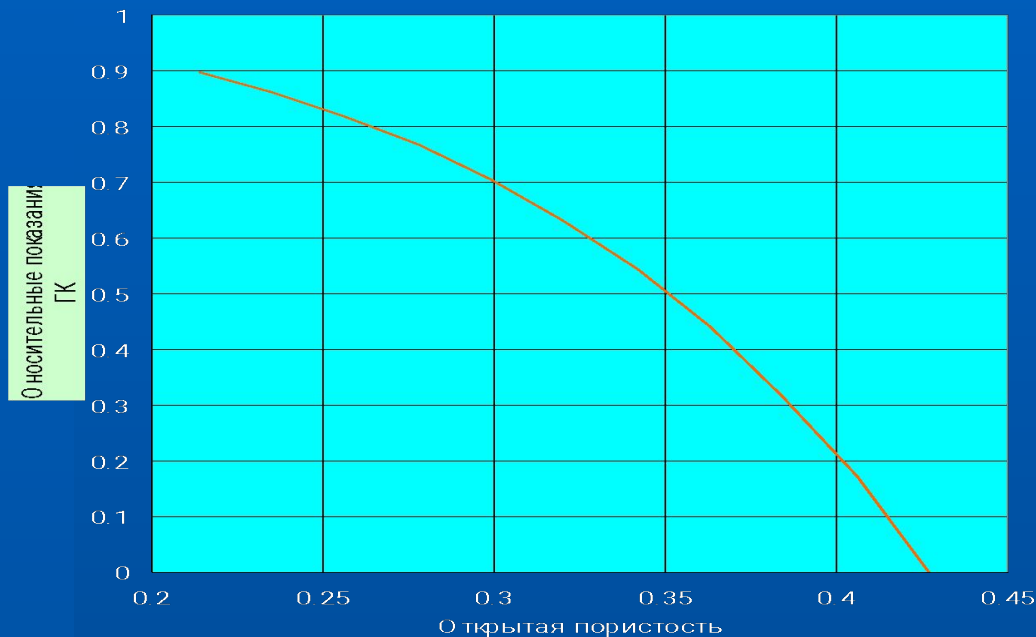
# 5. Краткое описание программ



**Модель без методики неконструктивна**

Разработка методики использования моделей продолжает ее совершенствование за счет практики работы

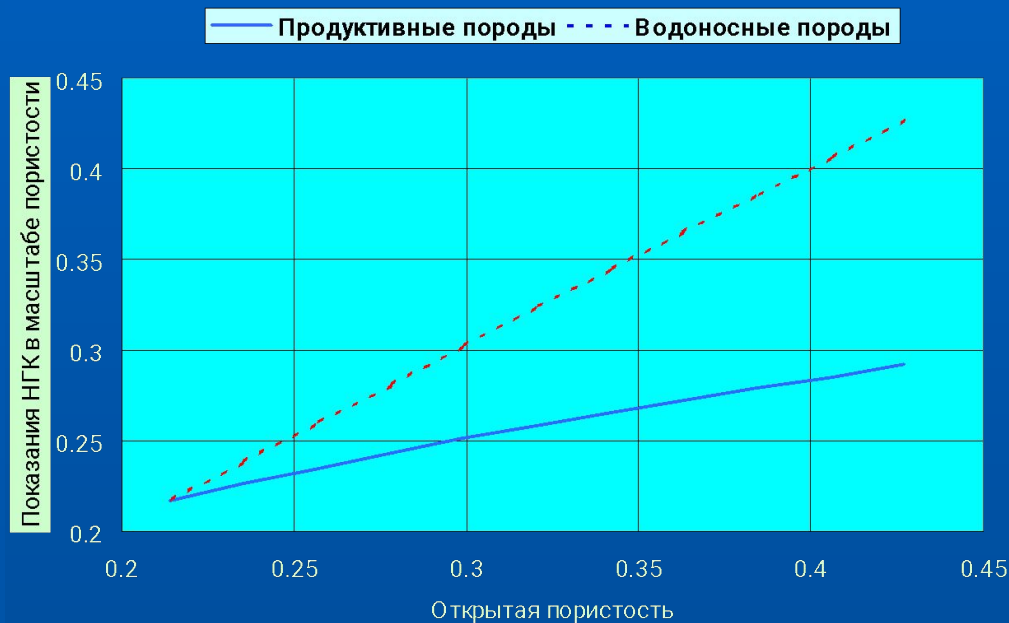
# 5. Краткое описание программ



**Модель без методики неконструктивна**

**Разработка методики использования моделей продолжает  
ее совершенствование за счет практики работы**

# 5. Краткое описание программ



**Модель без методики неконструктивна**

**Разработка методики использования моделей продолжает  
ее совершенствование за счет практики работы**



# 5. Краткое описание программ

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.

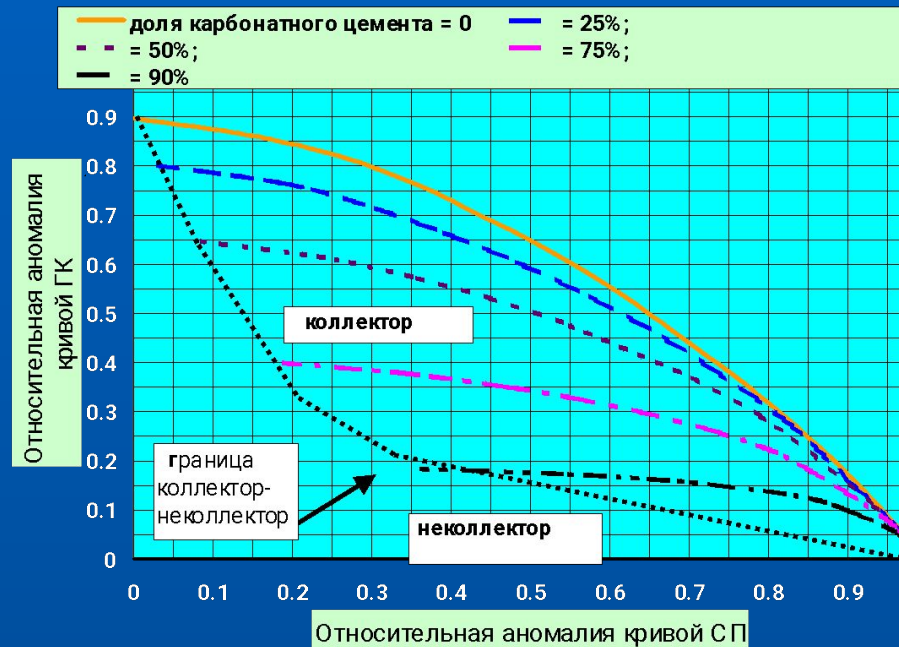
“Чайна” является частным вариантом предыдущей программы, настроенной на условия крупнейшего газового месторождения Китая Кла-2, коллекторы которого содержат в среднем 50% глинистого цемента и 50% карбонатного цемента, а плотные породы в основном состоят из карбонатного материала при 10-20% глинистого материала.

“Ретро-2000” ориентирована на “старый” комплекс ГИС, включающий методы сопротивлений, собственных потенциалов – СП и естественной радиоактивности – ГК.

**Модель без методики неконструктивна**

**Разработка методики использования моделей продолжает ее совершенствование за счет практики работы**

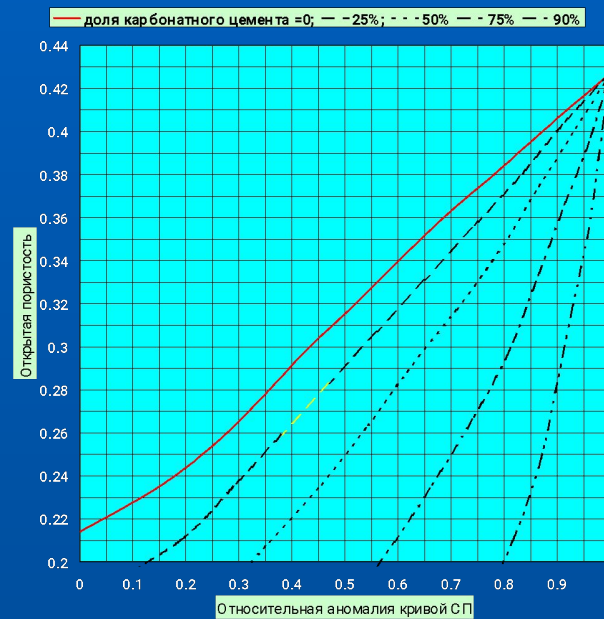
# 5. Краткое описание программ



**Модель без методики неконструктивна**

Разработка методики использования моделей продолжает ее совершенствование за счет практики работы

# 5. Краткое описание программ



**Модель без методики неконструктивна**

Разработка методики использования моделей продолжает  
ее совершенствование за счет практики работы

# 5. Краткое описание программ

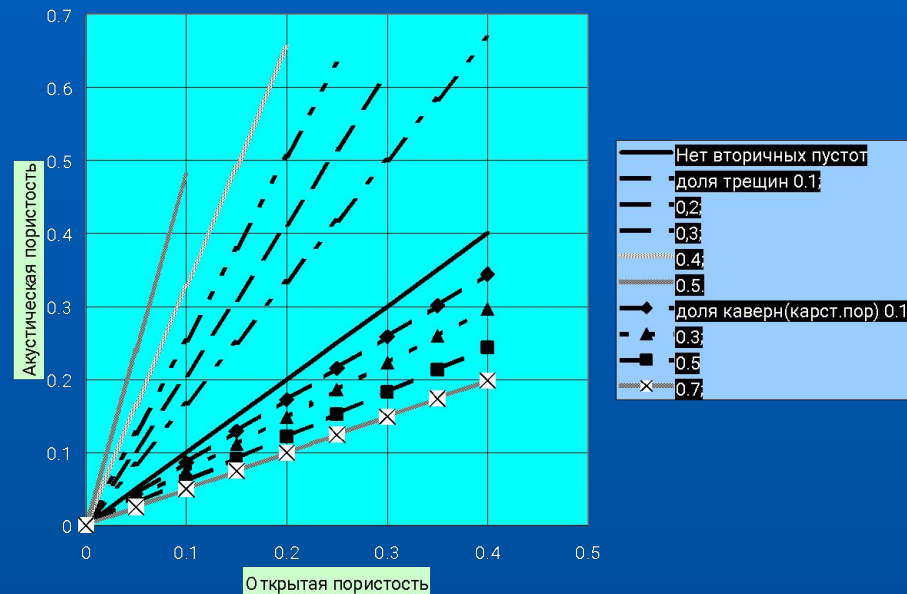
Программа “Карбонаты –2000” может быть использована для двух ситуаций:

- 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**

**Разработка методики использования моделей продолжает  
ее совершенствование за счет практики работы**

# 5. Краткое описание программ



**Модель без методики неконструктивна**

Разработка методики использования моделей продолжает ее совершенствование за счет практики работы

# 5. Краткое описание программ

В результате интерпретации данных ГИС выделяются следующие типы пород:

- а) **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**

**Разработка методики использования моделей продолжает  
ее совершенствование за счет практики работы**

# Проблемы и решения



# 5. Краткое описание программ

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 газовой 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**

**Разработка методики использования моделей продолжает  
ее совершенствование за счет практики работы**