



# Основные фильтрационно-емкостные характеристики пласта и способы их определения

## Лекция 2

Троицкий В.М., кандидат физ.-мат. наук,

кафедра исследования нефтегазовых  
пластовых систем

Москва 2017

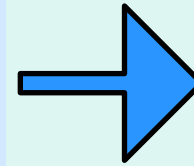
# Основные характеристики пласта

- **Пористость**
  - полная пористость;
  - открытая пористость;
  - эффективная
- **Проницаемость**
  - абсолютная проницаемость;
  - эффективная проницаемость;
  - фазовая проницаемость
- **Остаточная водонасыщенность**
- **Начальная газонасыщенность**
- **Начальная нефтенасыщенность**
- **Текущая флюидонасыщенность**

# Методы определения пористости

Три основных параметра пористости:

- объем породы,  $V_{обр}$ ;
- объем пор,  $V_{п}$ ;
- объем минерала (скелета),  $V_{ск}$



$$V_{обр} = V_{ск} + V_{пор}$$

$$K_{п} = \frac{V_{п}}{V_{обр}}$$

- формула определения пористости

Методы определения объёма образца

Весовой метод; объёмный метод; метод Преображенского

# Методы определения пористости

Методы измерения **полной** пористости кернов

Методы измерения **открытой** пористости кернов

Методы измерения **объема скелета** породы

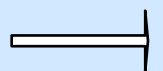
-характерные значения пористости;  
-точность определения пористости

- Относительная ошибка измерения открытой пористости (требования **ГОСТа 26450.2-85**):

**Пористость, в д.ед**

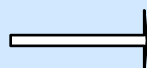
**погрешность, в %**

при  $m > 0.15$



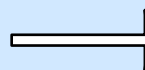
менее 2%

при  $0.05 < m < 0.15$



2 до 5%

при  $m < 0.05$



менее 10%

# Сжимаемость породы

$$\beta = \frac{1}{\Delta P} \cdot \frac{\Delta V}{V}$$

*Что происходит с породой при разгрузке?  
Понятие эффективного давления?*

Необходимо различать:

- сжимаемость **самого минерала**  $\beta_m$ ;
- сжимаемость **скелета (упругого остова)**  $\beta_{ск}$ ;
- сжимаемость **порового пространства**  $\beta_{пор}$ ;

$$\beta_{пор} \gg \beta_{ск} \gg \beta_m$$

Сжимаемость порового пространства сцементированных песчаников:

$$\beta_{пор} = (70 - 140) \cdot 10^{-6} \text{ (1/ат)},$$

Сжимаемость нефти:

$$\beta_n = (170 - 400) \cdot 10^{-6} \text{ (1/ат)}$$

Сжимаемость различных индивидуальных веществ:

Ртуть:  $\beta = 3,8 \cdot 10^{-6} \text{ (1/ат)}$

**Алмаз:**  $\beta = 0,23 \cdot 10^{-6} \text{ (1/ат)}$

Вода:  $\beta = 42 \cdot 10^{-6} \text{ (1/ат)}$

**Железо:**  $\beta = 0,59 \cdot 10^{-6} \text{ (1/ат)}$

Ацетон:  $\beta = 127 \cdot 10^{-6} \text{ (1/ат)}$

**Медь:**  $\beta = 0,74 \cdot 10^{-6} \text{ (1/ат)}$

Эфир:  $\beta = 143 \cdot 10^{-6} \text{ (1/ат)}$

**Серебро:**  $\beta = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ (1/ат)}$

# Проницаемость

Определение: Проницаемость – это способность пористой среды пропускать сквозь себя жидкости и газы

Обычное обозначение проницаемости:  $K_{пр}$

Проницаемость как обратная величина сопротивлению породы при течении флюида

$$Q = K_{пр} \cdot \frac{\Delta P}{\mu} \cdot \frac{S}{L}$$

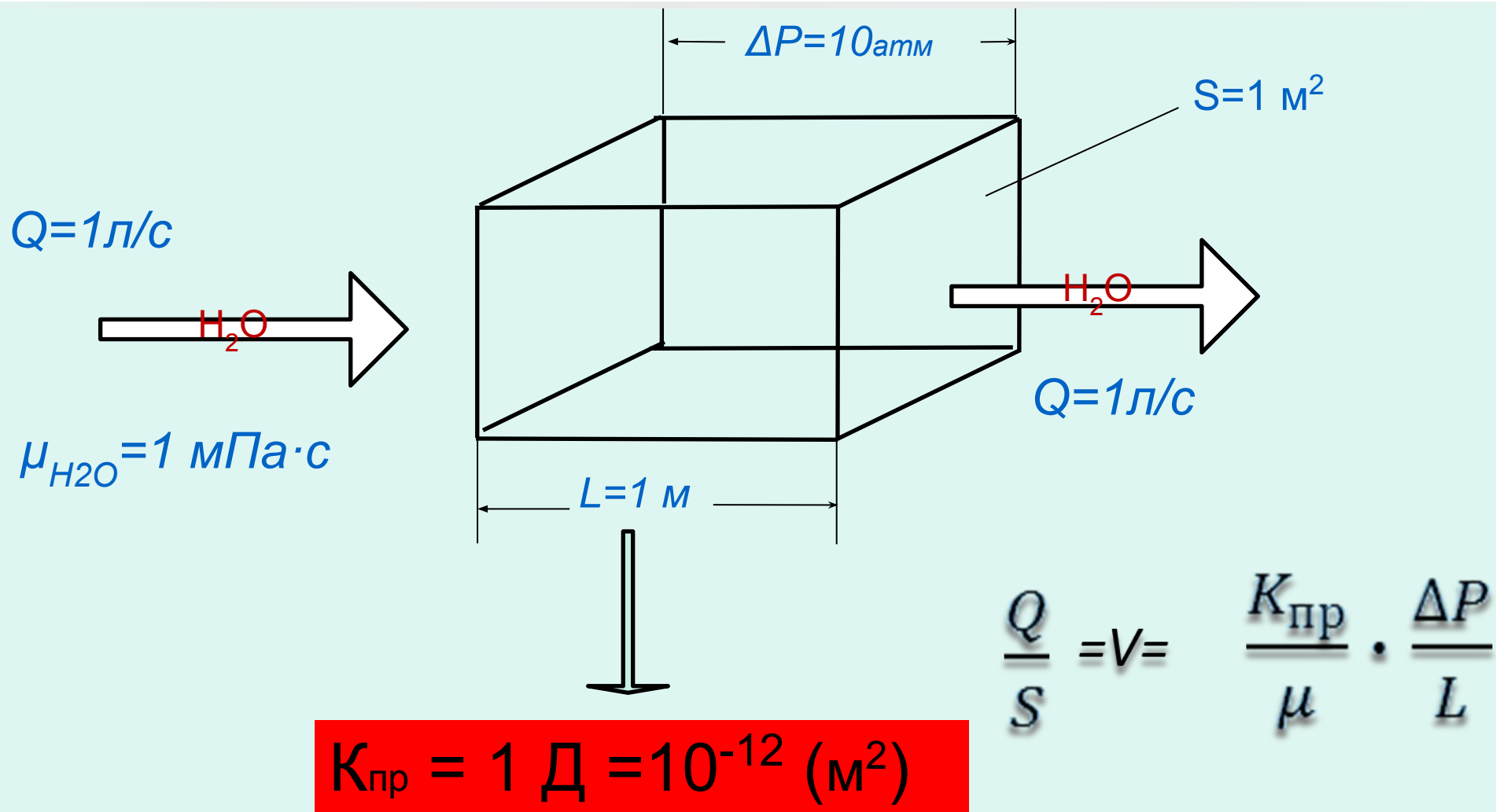
- линейное уравнение Дарси

Вопросы размерности:

Единицы измерения проницаемости:  $1\text{Д}=10^{-12} \text{ м}^2$ ,  $1 \text{ мД}=10^{-15} \text{ м}^2$

Пример:  $D=3 \text{ см}$ ,  $d=0,5 \text{ мм}$  →  $K_{пр} \approx 2 \text{ Д}$

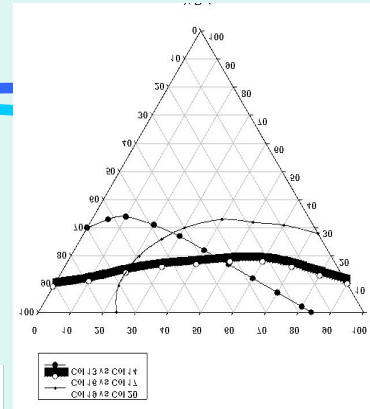
# Размерность проницаемости



# Использование результатов исследования на фильтрационных установках

Технологический путь исследований

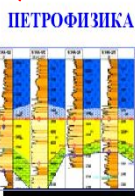
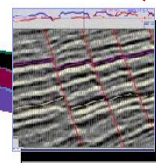
- Установки фильтрации
- Томография
- Исследования керна



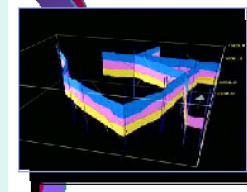
$$\Phi_{\text{н.в.г}} = f(S_{\text{н.в.г}})$$

- Прогнозирование продуктивности
- Оценка приёмистости скважин
- Планирование техн. операций
- Конечная углеводородоотдача
- Эффективность методов воздействия

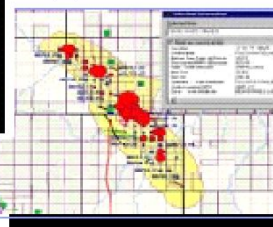
СЕЙСМИКА



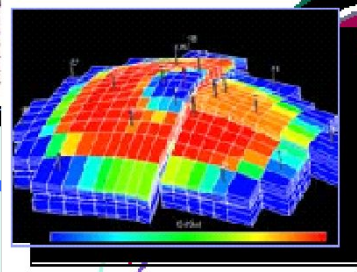
ГЕОЛОГИЯ



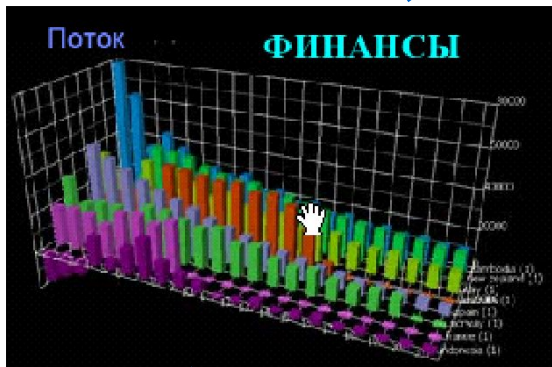
ДОБЫЧА



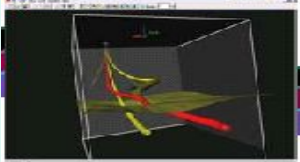
ГИДРОДИНАМИКА



Поток ФИНАНСЫ



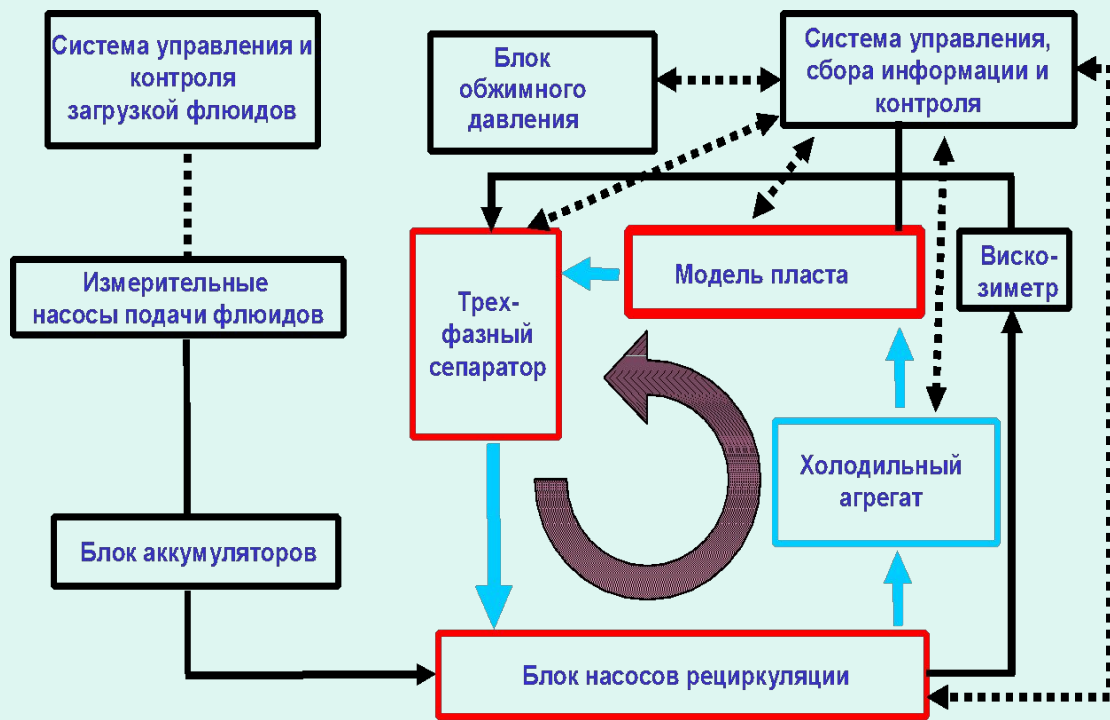
БУРЕНИЕ



Основные фильтрационные характеристики пласта и способы их определения



# Технические средства для изучения 3-х фазной фильтрации и процессов вытеснения на керновых моделях пласта



## Характеристики экспериментальной установки фильтрации

Пластовое давление, МПа	до 70
Горное (обжимное) давление, МПа	до 70
Рабочая температура	от +5 до 150°C
Скорость флюидов в керне, м/сут	0,04 – 160
Диапазон задаваемых расходов флюидов, см <sup>3</sup> /мин	0,0004 - 15
Точность поддержания расхода насосами, % от установленного значения	± 0,2
Длина керна, характеристики кернодержателей	до 30 см, до 50 см, до 1 м, насыпные до 20 м
Диаметр керна, мм	30
Минимальный фильтруемый объём флюида, м <sup>3</sup>	1,6•10 <sup>-12</sup>

## Блок-схема установки 3-х фазной фильтрации

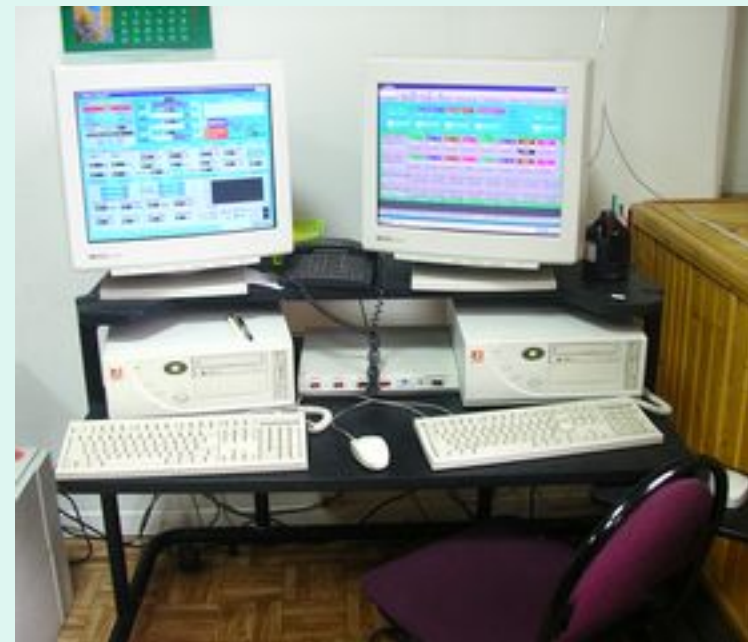
$$35 \text{ м/год} < V_{\text{фильт}} < 85 \text{ км/год}$$

# Технические средства для изучения 3-х фазной фильтрации на керновых моделях пласта

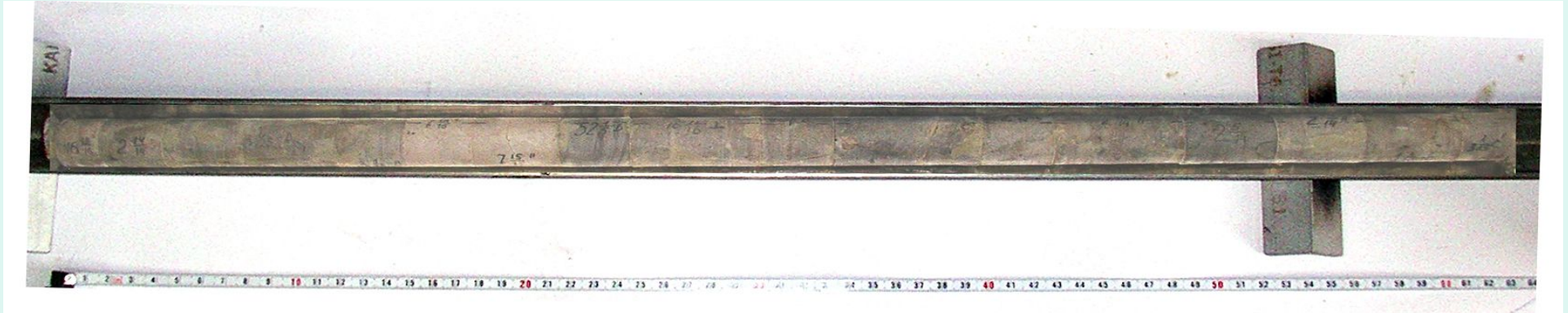


Кабинет управления/контроля и термошкаф с системой насосов, 3-х фазным УЗ-сепаратором и аккумуляторами флюидов 3-х фазной фильтрационной установки

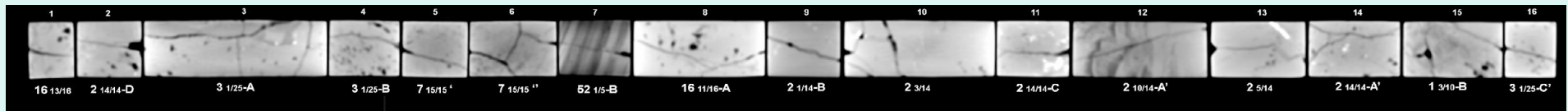
Терминалы управления, сбора и обработки данных 2-х и 3-х фазной установок фильтрации



# Керновая модель пласта

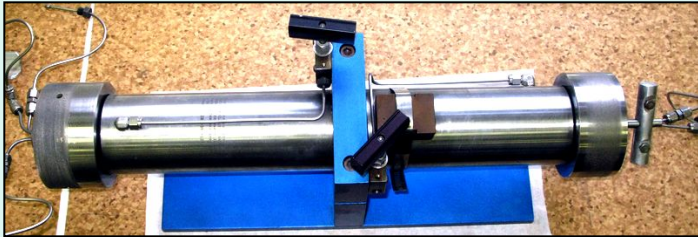


Составная модель пласта из образцов керна нефтяной залежи (томографическая съемка)



# Характеристики моделей пласта. Типы кернодержателей

Для керновых составных моделей



Гидростатического типа – двухосевой обжим  
Длина модели пласта – до 40 см;  
Диаметр – 3 см;  
Давление – до 70 МПа, Температура – 150 °С

Для заполнения используется смесь песчаника и маршаллита;  
Длина модели пласта – 100 см;  
Диаметр – 3,87 см;  
Давление – до 70 МПа, Температура – 150 °С



Для насыпных моделей пласта



Гидростатического типа – двухосевой обжим  
Длина модели пласта – до 100 см;  
Диаметр – 3 см;  
Давление – до 70 МПа, Температура – 150 °С



# ЛИТЕРАТУРА:

## ■ ОСНОВНАЯ:

- 1. Эфрос Д.А. Исследование фильтрации неоднородных систем. – М., Гостехиздат, 1963.
- 2. Амикс Дж., Басс Д., Уайтинг Р. Физика нефтяного пласта. – М., Гостоптехиздат. – 1962.-570 стр.
- 3. Розенберг М.Д., Кундин С.А. Многофазная многокомпонентная фильтрация при добыче нефти и газа. – М.: Недра. – 1976, - 198 стр.
- 4. Басниев К.С., Дмитриев Н.М., Розенберг Г.Д. Нефтегазовая гидромеханика. Учебное пособие для вузов. – М.- Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005, 544 с.



# ЛИТЕРАТУРА:

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ:

- 1. Гиматудинов Ш.К. Физика нефтяного и газового пласта. – М., Недра.-1971.-309 стр.
- 2. Степанова Г.С. Газовые и водогазовые методы воздействия на нефтяные пласты. – М., «Газоил пресс»». -2006.-200 стр.
- 3. Селяков В.И. Кадет В.В. Перколяционные модели процессов переноса в микронеоднородных средах. – М.: недра. – 1995.- 222 стр.
- 4. Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике.вод с немецкого. – М.: ИЛ.- 1957.- 726 стр.

# ЛИТЕРАТУРА:

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ:

- 5. Брусиловский А.И. Фазовые превращения при разработке нефти и газа. М.: «Грааль», 2002.
- 6. Николаевский В.Н. Геомеханика и флюидодинамика. – М.: Недра, 1996, 447 с.
- 7. Баренблатт Г.И., Ентов В.М., Рыжик В.М. Движение жидкостей и газов в природных пластах. – М.: Недра, 1984, 211 с.
- 8. Закиров С.Н. Разработка газовых, газоконденсатных и нефтегазоконденсатных месторождений. – М.: Струна, 1998, 628 с.
- 9. Бузинов С.Н., Умрихин И.Д. Исследование нефтяных и газовых скважин и пластов. – М.: Недра, 1984, 270 с.
- 10. Чарный И.А. Подземная гидрогазодинамика. – М.: Гостоптехиздат, 1963, 396 с.



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !**

internet: [www.vniigaz.ru](http://www.vniigaz.ru)  
intranet: [www.vniigaz.gazprom.ru](http://www.vniigaz.gazprom.ru)  
e-mail: [vniigaz@vniigaz.gazprom.ru](mailto:vniigaz@vniigaz.gazprom.ru)  
телефон: (+7 495) 355-92-06  
факс: (+7 495) 399-32-63