

Башкирский государственный университет  
Кафедра геофизики

Научно-исследовательская работа на тему:

## Разработка математических моделей и численных решений задач фильтрации и электрометрии и методов ускорения расчетов

Докладчик:  
ст.гр. ЦТвП, Кадыров А.В.  
Научный руководитель:  
д.ф.-м.н., профессор, Шарафутдинов Р.Ф.  
Руководитель практики:  
Сайфуллин И.Ф.

2020 г.

# Тематика работ НИР

## **Три направления работ:**

1. Фильтрация в неоднородных средах
2. Электрометрия – теория БКЗ
3. Распараллеливание программ – практическая работа

# Фильтрация в неоднородных средах

## Постановка задачи

### Начально-краевая задача:

$$\begin{aligned}\frac{\partial}{\partial t}(m\rho_i s_i) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho_i w_i) &= 0, & x \in (0, l), t \in (0, T], \\ w_i &= -k \frac{k_i}{\eta_i} \frac{\partial p}{\partial x}, \quad s_w + s_o = 1, & i \in [w, o].\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}s &= s_0(t), \quad p = p_0(t), & x = 0, \quad t \in (0, T], \\ p &= p_l(t), & x = l, \quad t \in (0, T], \\ s &= s^0(x), \quad p = p^0(x), & x \in [0, l], t = 0.\end{aligned}$$

### Модель 1

$$\rho_i = \text{const}$$

### Модель 2

$$\rho_i = \rho_i^0 \cdot \exp(\chi_i(p - p_0))$$

# Фильтрация в неоднородных средах

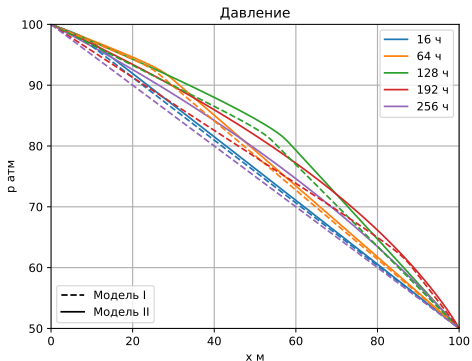
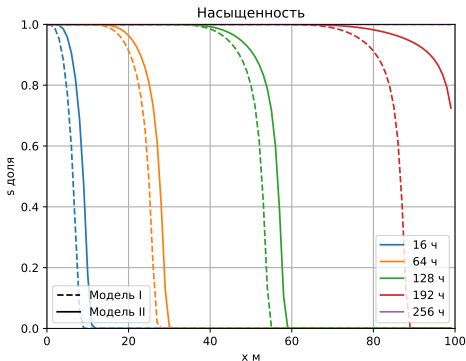
## Способ решения

- Язык программирования C для реализации численных схем
- Метод IMPES для решения системы дифференциальных уравнений в теории фильтрации
- Метод конечных разностей для аппроксимации дифференциального уравнения с помощью системы алгебраических уравнений
- Метод Ньютона для решения системы нелинейных алгебраических уравнений
- Метод прогонки для решения системы линейных алгебраических уравнений с тридиагональной матрицей

# Фильтрация в неоднородных средах

## Результаты

### Поля физических величин во времени у моделей:



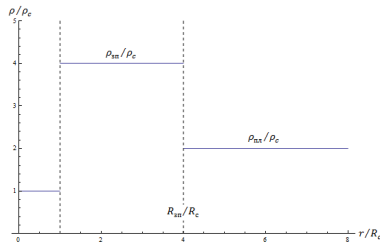
# Электрометрия – теория БКЗ

## Постановка задачи

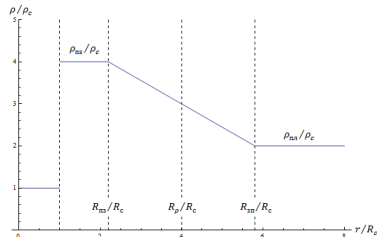
### Краевая задача:

$$\begin{aligned}\nabla \cdot (\nabla u(\mathbf{x}) / \rho(\mathbf{x})) &= -I\delta(\mathbf{x}), & \mathbf{x} \in \Omega, \\ u(\mathbf{x}) &= 0, & \mathbf{x} \in \partial\Omega.\end{aligned}$$

### Модель 1



### Модель 2



# Электрометрия – теория БКЗ

## Способ решения

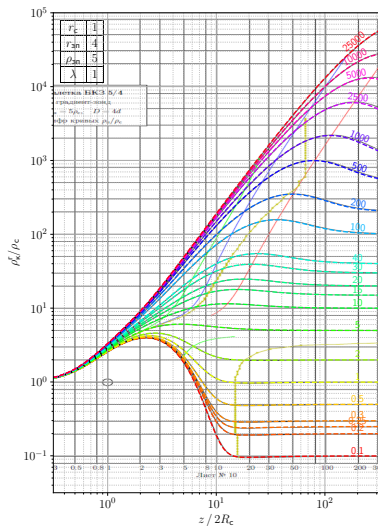
### **Инструменты:**

- Язык программирования Python
- Вычислительная платформа FEniCS – метод конечных элементов
- Библиотека Numpy – численные вычисления
- Библиотека triangle – триангуляция расчетной области
- Компьютер: ОС Ubuntu 18.04 LTS, процессор Intel Pentium 4415U @ 2.30GHz

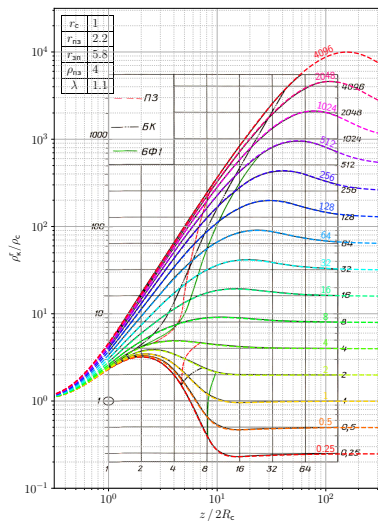
# Электрометрия – теория БКЗ

## Результаты

### Модель 1



### Модель 2





# Распаралелливание программ

## Постановка задачи

Эффективная утилизация ресурсов компьютера с помощью параллельного программирования для решения задачи парсинга огромного текстового файла последовательности вещественных чисел, не помещающегося в оперативную память, из носителя информации.

Парсинг – автоматическое распознавание последовательности символов. В нашем случае конкретно означает автоматический перевод текстовой записи вещественных чисел в бинарную запись число с плавающей точкой.

# Распаралелливание программ

## Способ решения

### **Инструменты:**

- Язык программирования C и стандартные библиотеки
- Расширение OpenMP языка C для распараллеливания программ
- Компьютер: ОС Kubuntu 20.04 LTS, процессор Intel i5-3330 @ 3.20GHz

# Заключение

- Освоены пакеты программ для параллельных вычислений
- Разработаны прототипы программ
- Проведены расчеты и сопоставление
- Проведен анализ уравнений для различных моделей
- Получены численные реализации уравнений
- Показано применимость методов решения

Спасибо за внимание!