

Ускорение времени исполнения программы для задачи
вытеснения нефти

Касымбек Н.М.

Цели

- ▶ Работа посвящена оптимизации программы решения задачи вытеснения нефти

Цели работы

- ▶ Исследовать пути оптимизации
- ▶ Оптимизировать программу
 - ▶ Программа должна работать как можно быстрее



Задачи

- ▶ Разработать программу решения задачи вытеснения нефти
- ▶ Минимизировать время выполнения программы



Постановка задачи

$$\blacktriangleright m \frac{\partial s_1}{\partial t} + \operatorname{div}(\vec{v}_1) = 0$$

$$\blacktriangleright m \frac{\partial s_2}{\partial t} + \operatorname{div}(\vec{v}_2) = 0$$

$$\blacktriangleright \vec{v}_1 = -k \frac{f_1}{\mu_1} \nabla P$$

$$\blacktriangleright \vec{v}_2 = -k \frac{f_2}{\mu_2} \nabla P$$

$$\blacktriangleright s_1 + s_2 = 1$$

$$\blacktriangleright \left. \frac{\partial P}{\partial x} \right|_{x=0} = \left. \frac{\partial P}{\partial x} \right|_{x=1} = 0$$

$$\blacktriangleright \left. \frac{\partial P}{\partial y} \right|_{y=0} = \left. \frac{\partial P}{\partial y} \right|_{y=1} = 0$$

$$\blacktriangleright P|_{t=0} = P_{\text{пл}}$$



Постановка задачи

$$\blacktriangleright m \frac{\partial s_1}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(-k_x \frac{f_1}{\mu_1} \frac{\partial P}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(-k_y \frac{f_1}{\mu_1} \frac{\partial P}{\partial y} \right) = 0$$

$$\blacktriangleright m \frac{\partial s_2}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(-k_x \frac{f_2}{\mu_2} \frac{\partial P}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(-k_y \frac{f_2}{\mu_2} \frac{\partial P}{\partial y} \right) = 0$$

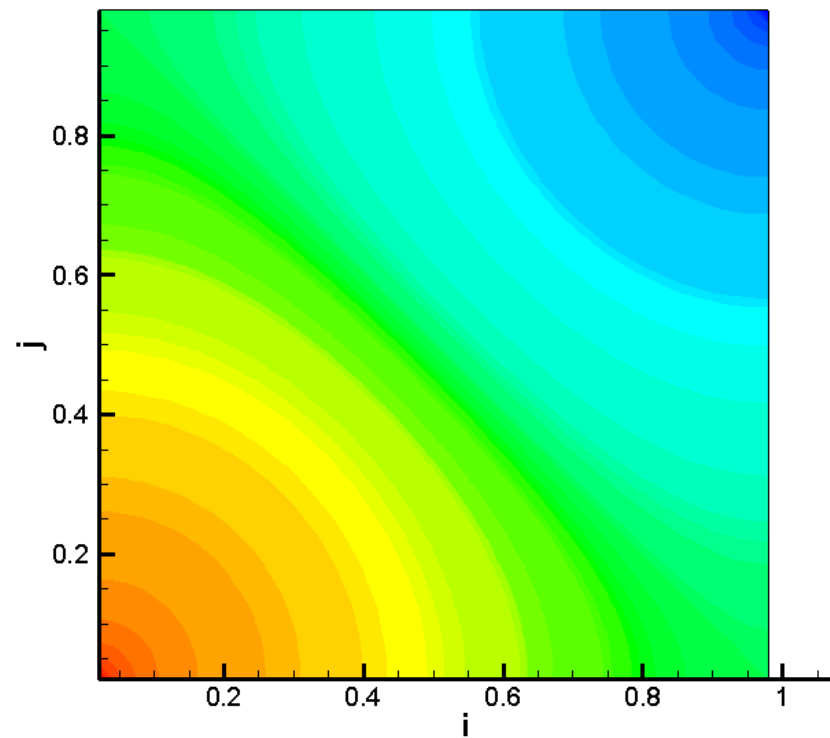
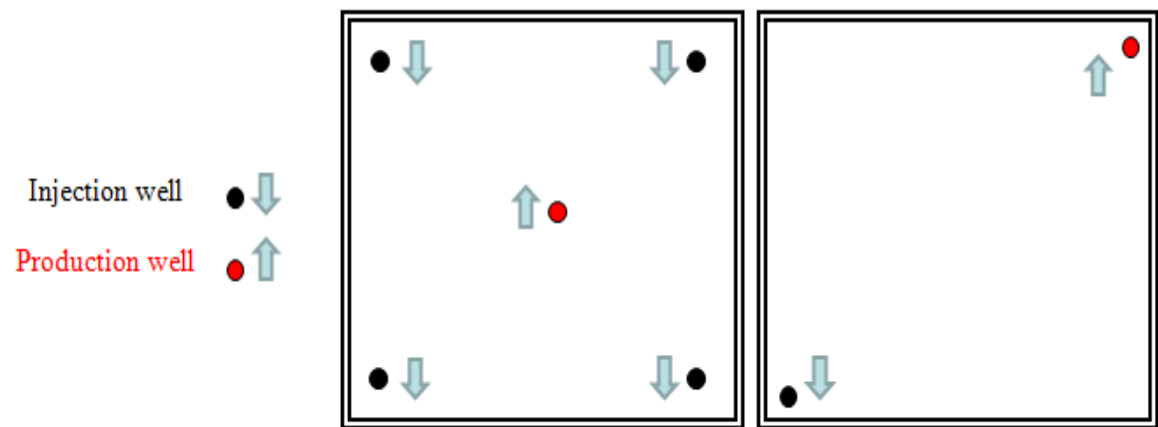
$$\blacktriangleright \frac{\partial}{\partial x} \left(M_x \frac{\partial P}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(M_y \frac{\partial P}{\partial y} \right) = 0$$

$$\blacktriangleright \left((M_x)_{i+\frac{1}{2}j} \frac{P_{i+1j}^n - P_{ij}^{n+1}}{h_1^2} - (M_x)_{i-\frac{1}{2}j} \frac{P_{ij}^{n+1} - P_{i-1j}^n}{h_1^2} + (M_y)_{ij+\frac{1}{2}} \frac{P_{ij+1}^n - P_{ij}^{n+1}}{h_2^2} - (M_y)_{ij-\frac{1}{2}} \frac{P_{ij}^{n+1} - P_{ij-1}^n}{h_2^2} \right) = 0$$

$$\blacktriangleright P_{ij}^{n+1} = \frac{(M_x)_{i+\frac{1}{2}j} P_{i+1j}^n + (M_x)_{i-\frac{1}{2}j} P_{i-1j}^n + (M_y)_{ij+\frac{1}{2}} P_{ij+1}^n + (M_y)_{ij-\frac{1}{2}} P_{ij-1}^n}{(M_x)_{i+\frac{1}{2}j} + (M_x)_{i-\frac{1}{2}j} + (M_y)_{ij+\frac{1}{2}} + (M_y)_{ij-\frac{1}{2}}}$$



Программа задачи вытеснения нефти



Пути оптимизации

Рассмотрим оптимизацию в трех уровнях:

1. Оптимизирующий компилятор
2. Векторизация
3. Подробности



Первый уровень: компилятор

- ▶ Задать ключи оптимизации
 - ▶ -O0, -O1, -O2, -O3...
- ▶ Profile Guided optimization



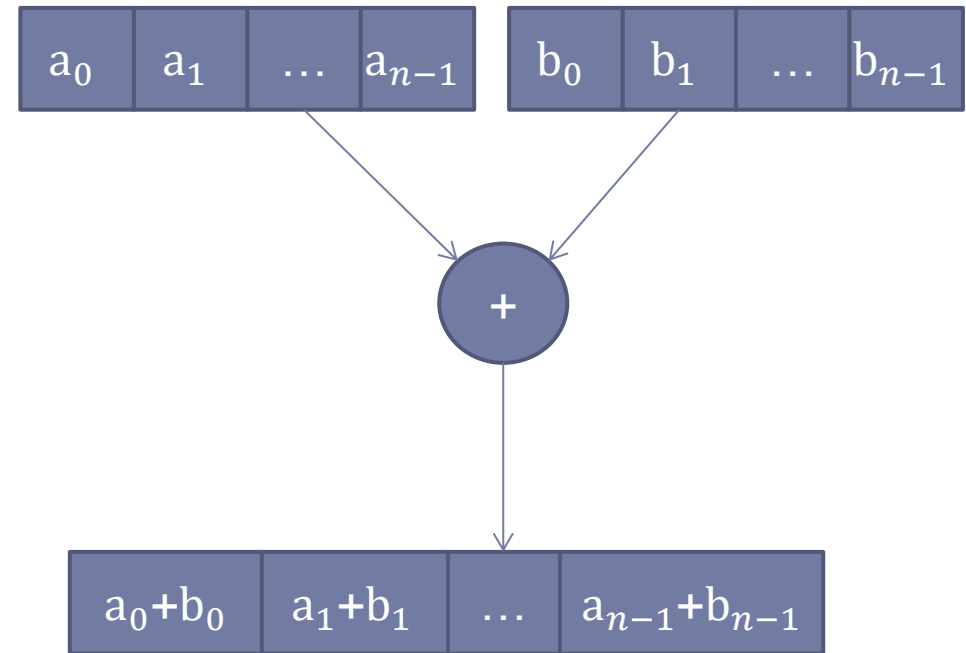
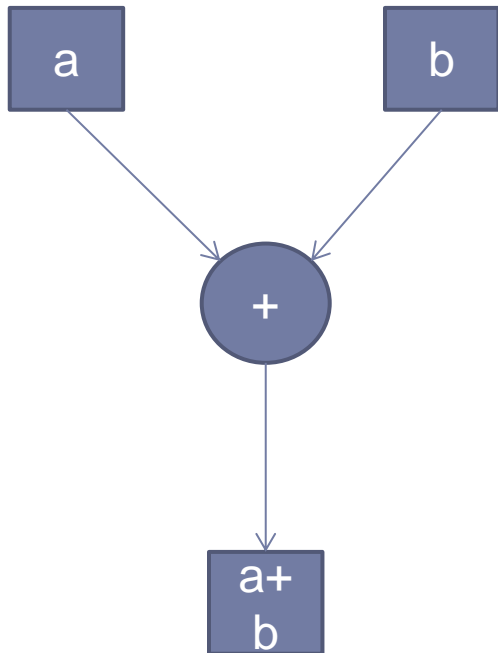
Второй уровень: векторизация

- ▶ Автоматическая векторизация
 - ▶ Векторизирующий компилятор
- ▶ Полуавтоматическая векторизация
 - ▶ Директивы распараллеливания циклов на основе OpenMP
- ▶ Ручная векторизация
 - ▶ Векторные типы данных `__attribute__((vector_size(16)))`
 - ▶ SSE Intrinsics



Второй уровень: векторизация

- ▶ Векторный процессор – это процессор, поддерживающий операции для работы с векторами



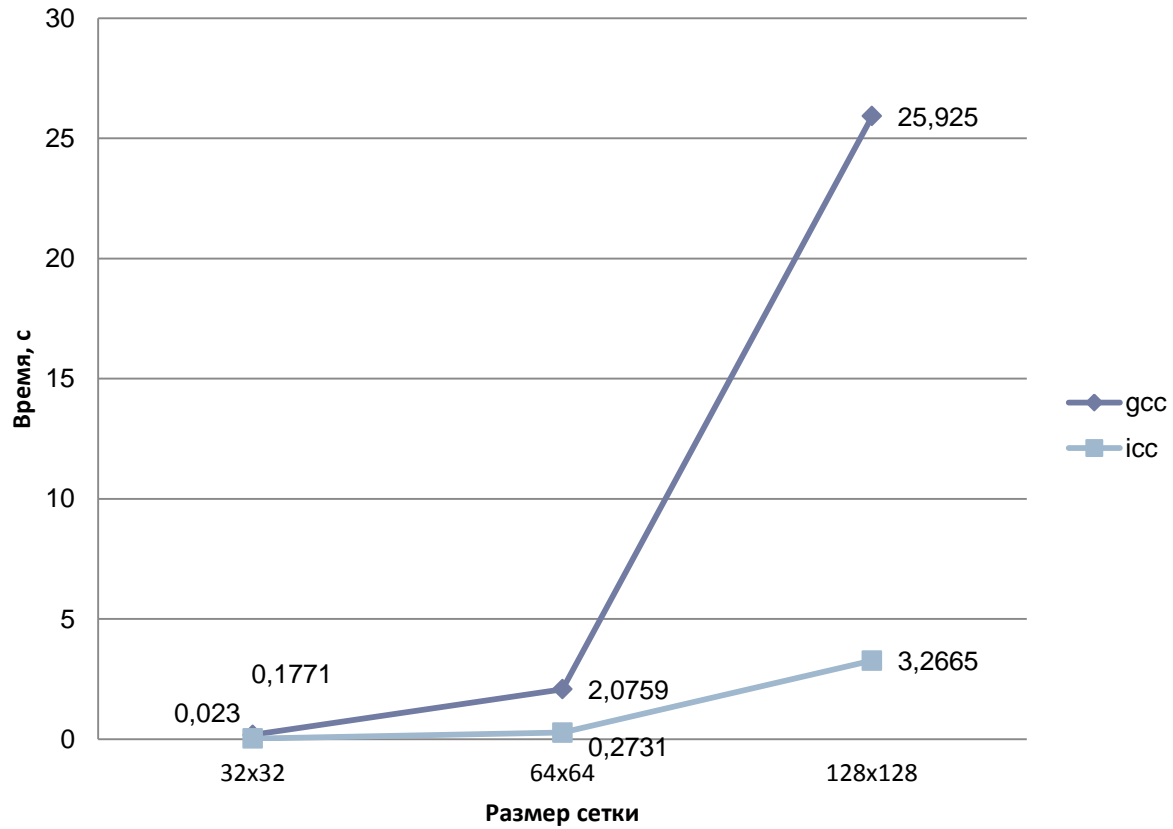
Третий уровень

- ▶ Принцип: учесть все что можно оптимизировать
- ▶ Не считать лишнее

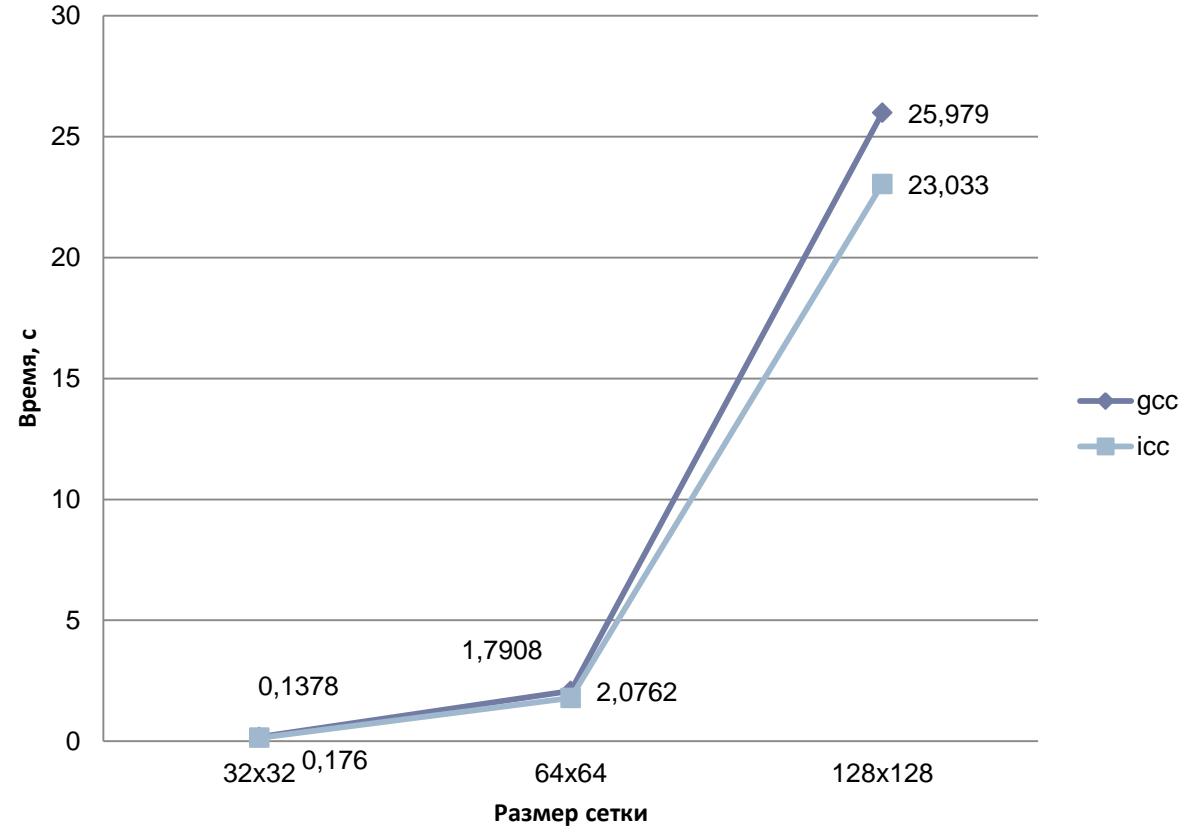


Результаты

GCC vs ICC

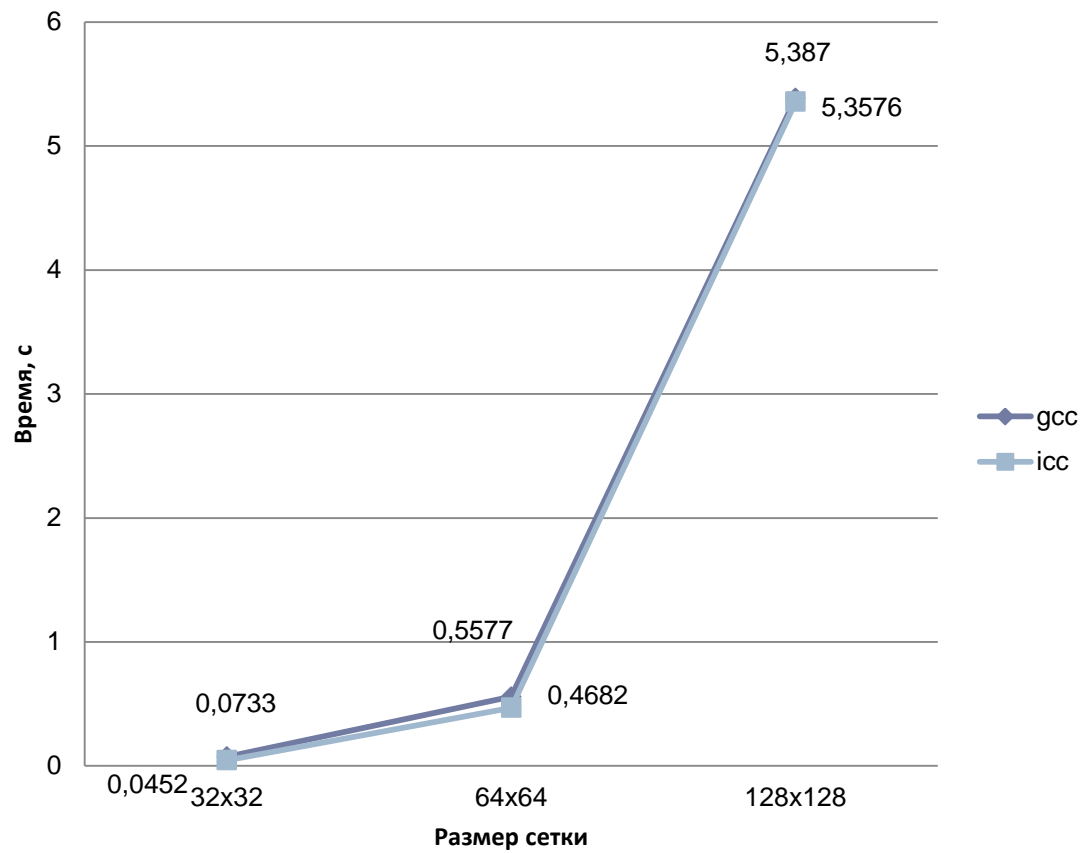


ключ -O0

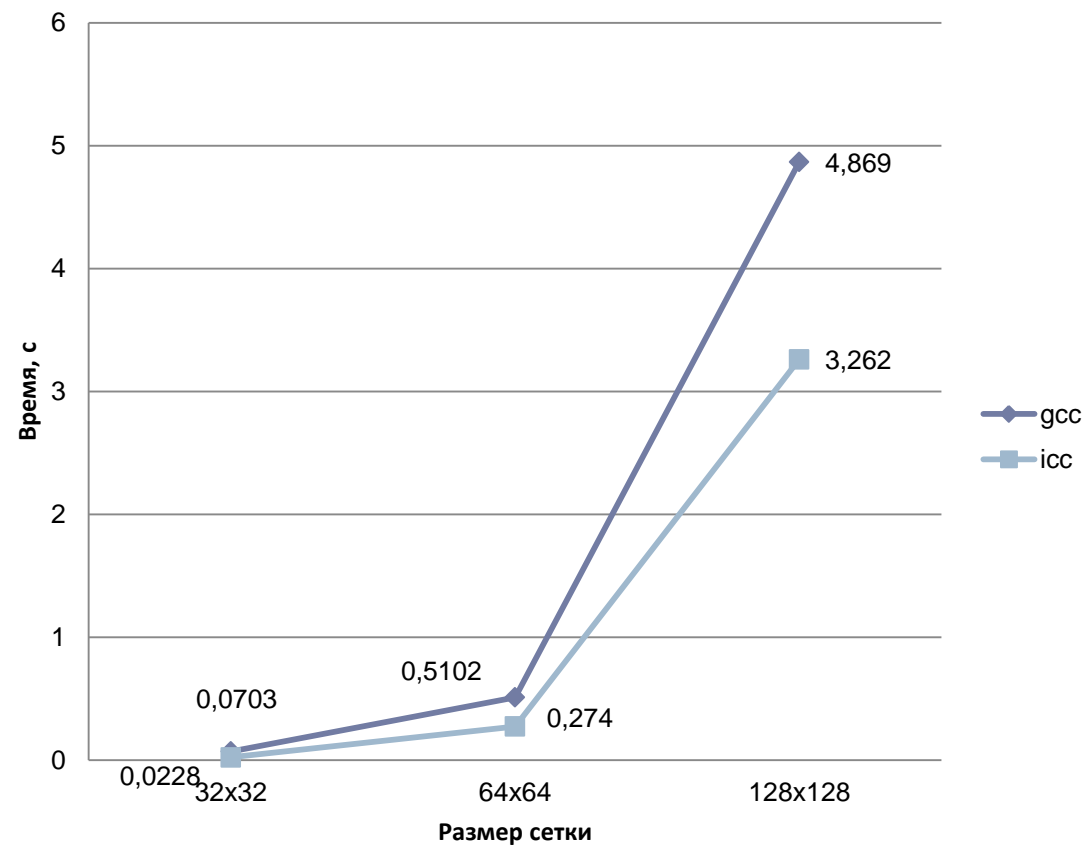


Результаты

ключ -O1

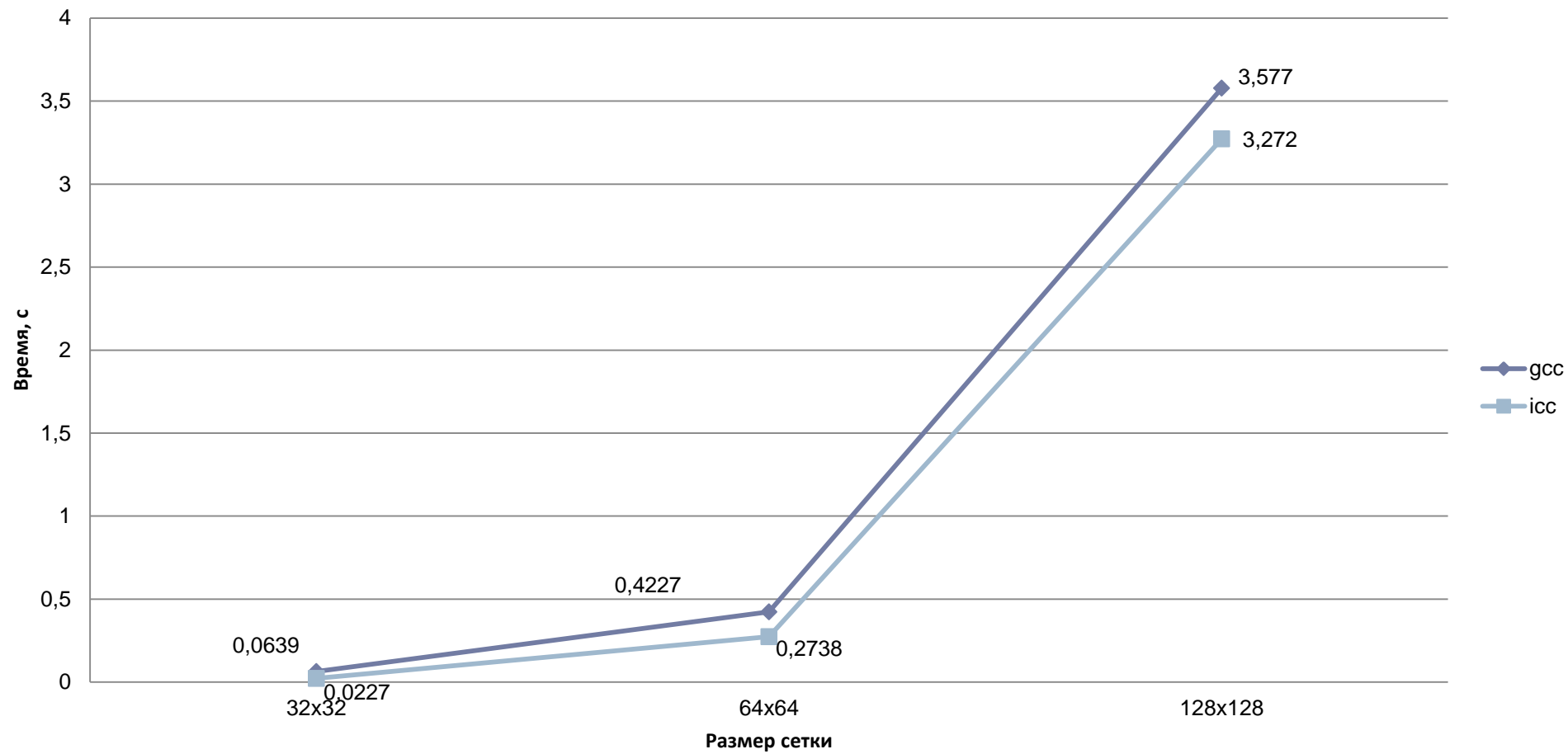


ключ -O2



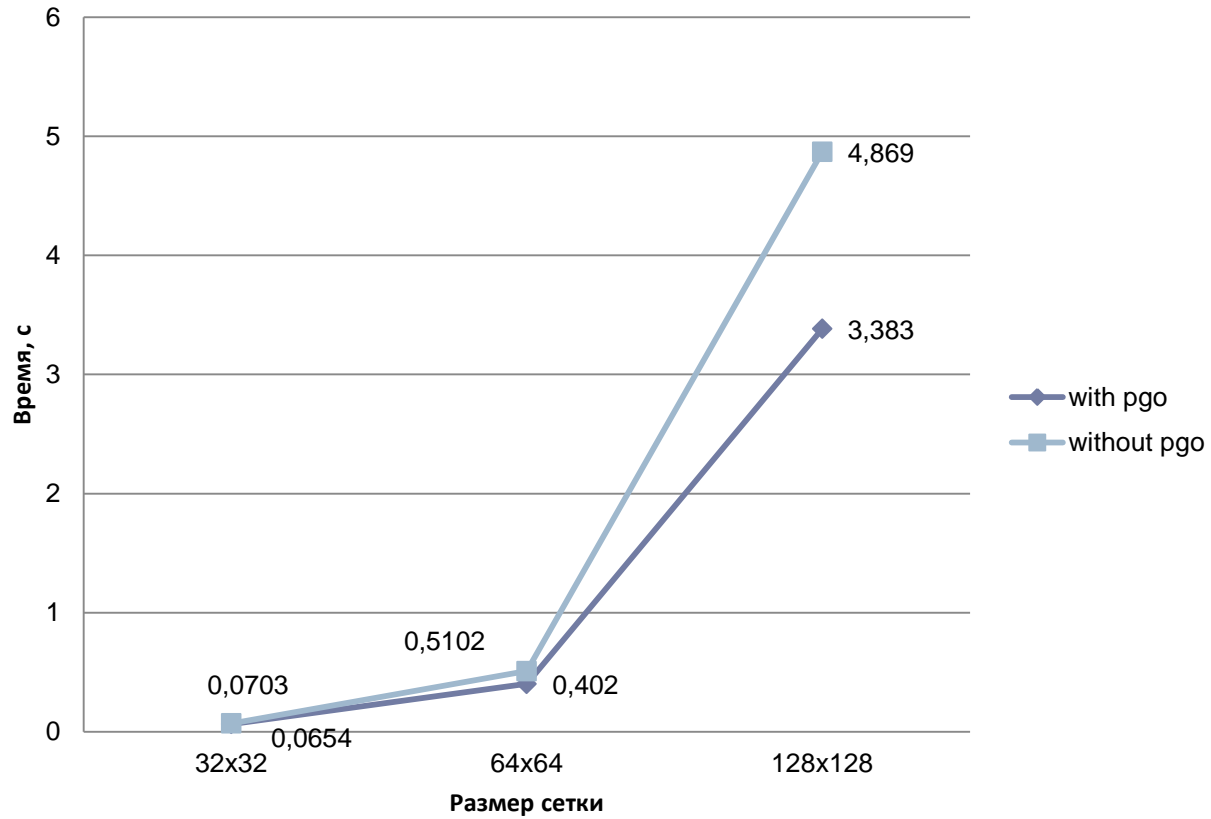
Результаты

ключ -O3

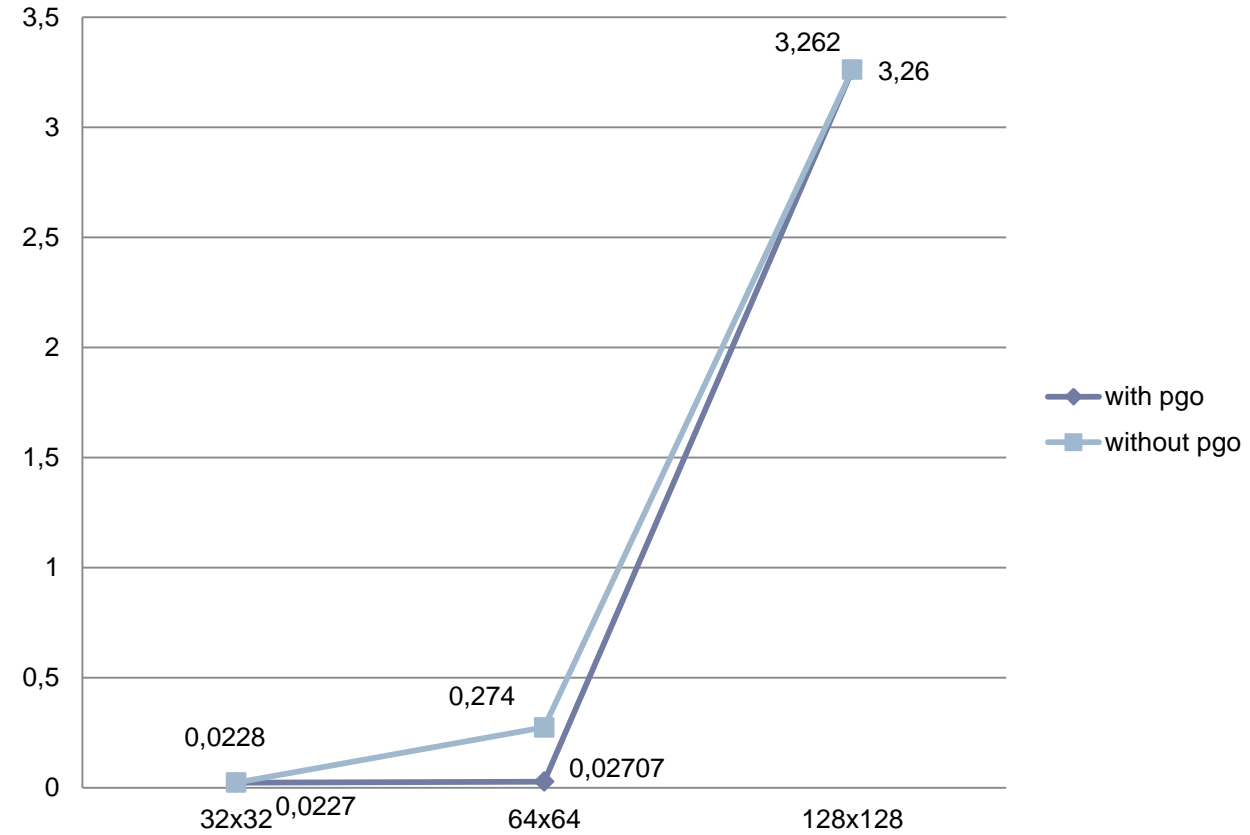


Результаты

Profile-guided optimization GCC

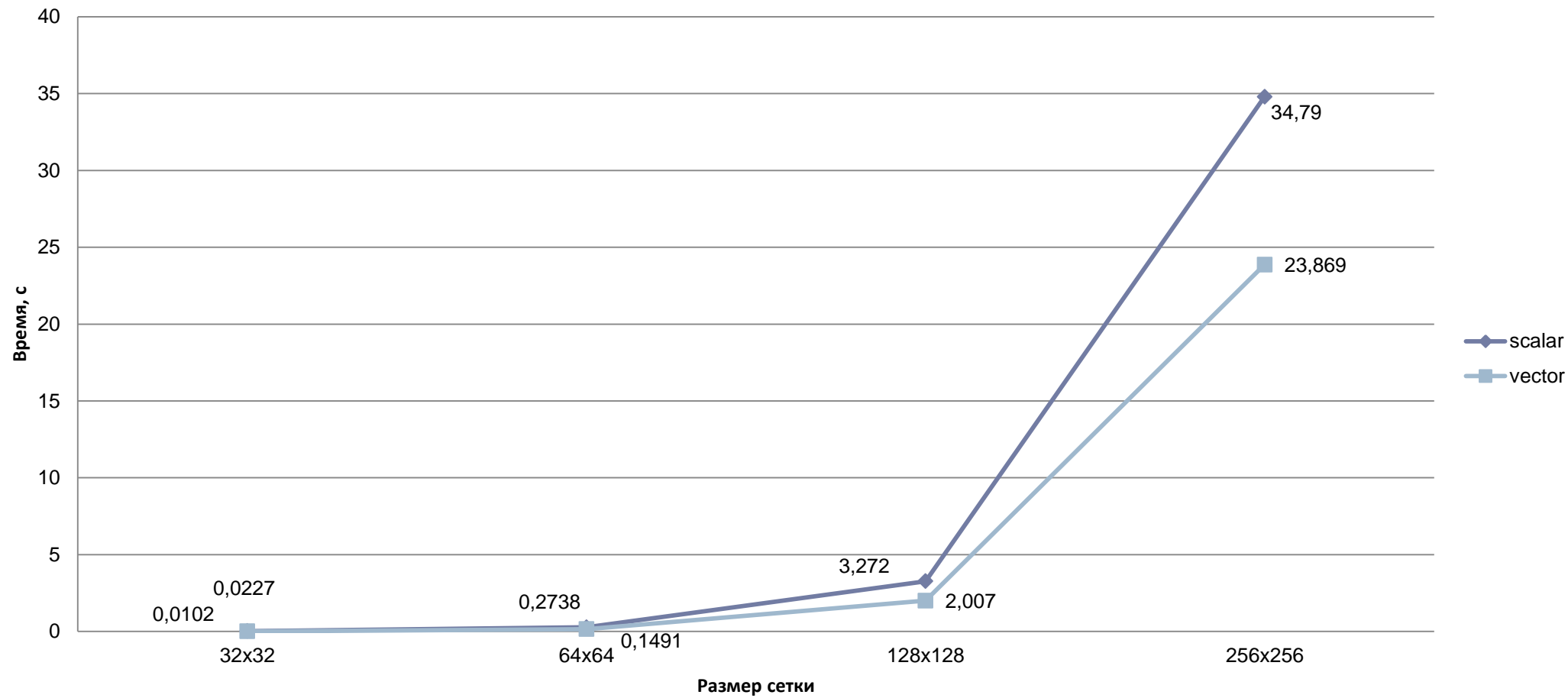


Profile-guided optimization ICC



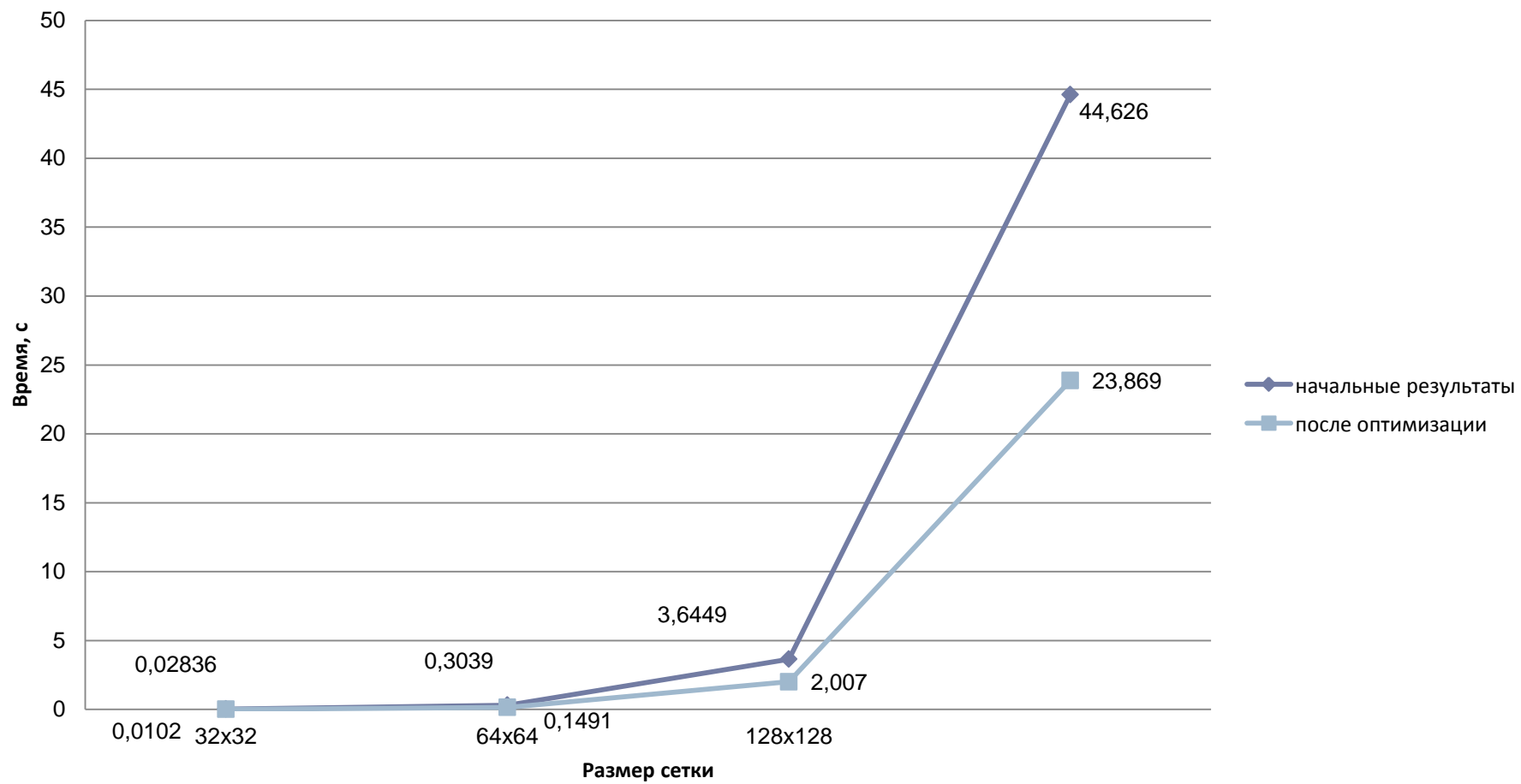
Результаты

Векторизация



Результаты

Результаты оптимизации



Результаты

Размер пласта	Время выполнения начальной программы, с	Время выполнения оптимизированной программы, с	Эффективность
32x32	0,19735	0,0102	19,34804
64x64	2,3026	0,1491	15,44333
128x128	28,6307	2,007	14,26542
256x256	219,0439	23,869	9,17692

Заключение

- ▶ В данной работе была рассмотрена оптимизация программы решения задачи вытеснения нефти. Используя методы:
 1. Выбрать хороший компилятор
 2. Векторизовать циклы
 3. Реализовав и другие подробности оптимизации можно ускорить время выполнения программ.



Спасибо за внимание!

