



Московский Государственный Университет
им. М. В. Ломоносова
Механико-математический факультет



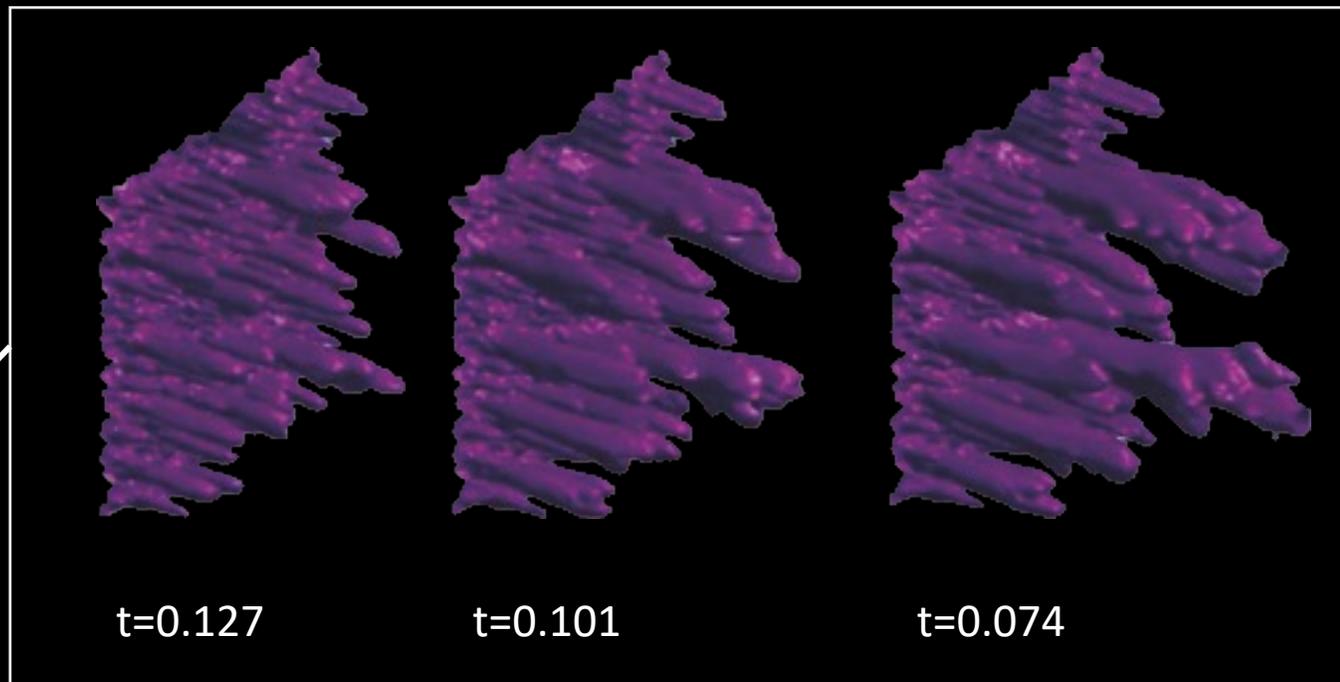
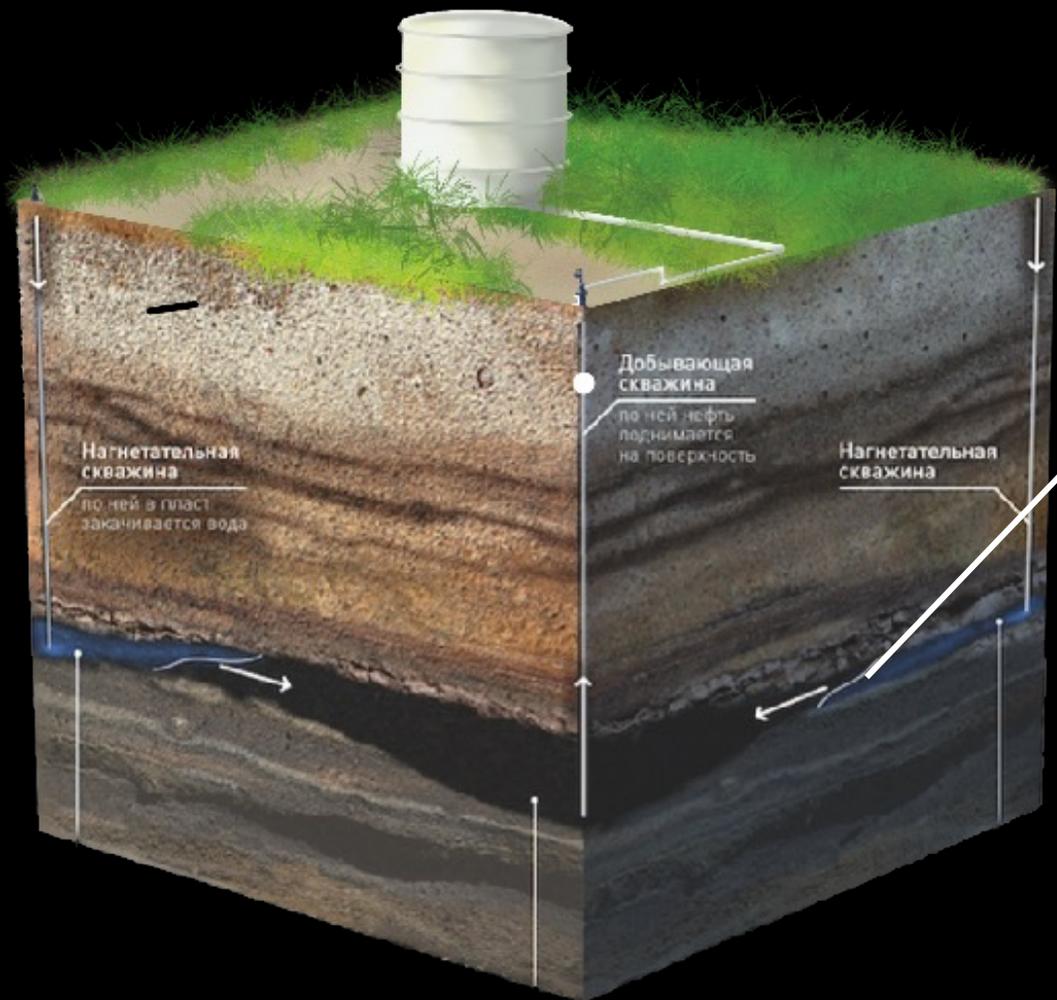
Моделирование вытеснения вязкой жидкости из пористой среды с учетом мелкомасштабной неустойчивости.



Научный руководитель:
н.с. Скрылева Е.И.
Доклад студентки 4 курса
Бароян Аиды Гришевной

Москва 2023

Увеличение нефтеотдачи методом *ЗАВОДНЕНИЯ*



Основные предположения

- Рассматривается двухфазовая модель флюидов в пористом скелете, где фазы – вода и нефть – не смешиваются;
- Пористость постоянная;
- Учитывается неустойчивость вытеснения;
- Модель основана на уравнении баланса массы для каждой из фаз, законе Дарси, а также уравнении связи между давлениями в фазах через капиллярное давление;

Математическая постановка задачи

Вычисление физических свойств для
мелкомасштабных блоков.

$$\frac{\partial \rho_j s_j \varphi}{\partial t} + \nabla(\rho_j \vec{v}_j) = 0 \quad j = 1, 2$$

$$\mu_j \vec{v}_j = -K k_j^R(s_j) \nabla p_j$$

$$p_2 - p_1 = p_c(s_1)$$

$$\rho = \rho(p_j, s_j),$$

Уравнение баланса масс для фаз с учётом размытия фронта вытеснения за счёт неустойчивости вытеснения.

$$\frac{\partial \rho_j s_j \varphi}{\partial t} + \nabla (\rho_j \vec{v} s_j + \rho_j s_j (F_j(M, Pe) \vec{v} - D(\vec{v}, M, Pe) \nabla s_j)) = 0$$

$$M = \frac{\mu_1}{\mu_2} \quad Pe = \frac{|\vec{v}|L}{D_0} \quad j = 1, 2$$

Формула для капиллярного давления.

Капиллярное давление выражается через J -функцию Леверетта:

$$p_c = C_j \frac{\sigma |\cos \theta|}{\sqrt{K\varphi}} \cdot \begin{cases} S^{-\alpha_j}, & \theta \leq \frac{\pi}{2} \\ (1-S)^{-\alpha_j}, & \theta > \frac{\pi}{2} \end{cases}$$

Начальные и граничные условия

Начальные условия:

$$t=0 : s = \begin{cases} s_{min}, & x \geq x_0 \\ s_{\xi} * \xi, & x < x_0 \end{cases}$$

где ξ – случайная величина, значения которой равномерно распределены от 0 до 1

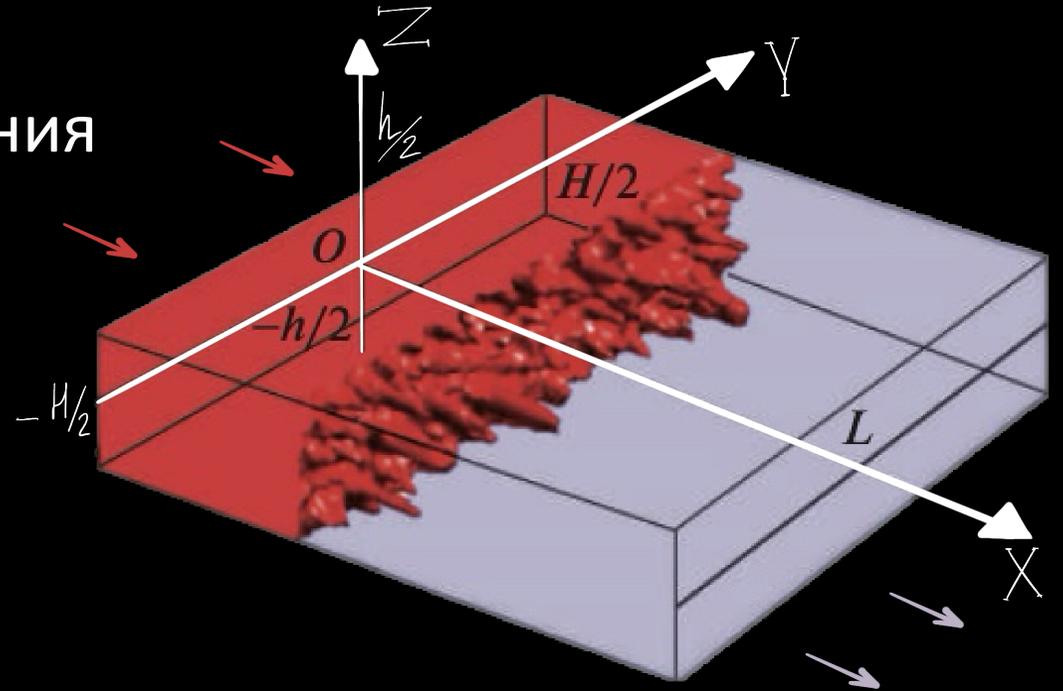
Граничные условия:

$x=0$: $s=s_{max}$ $p=p_1$ – режим контроля давления

$$x=L: \frac{\partial s}{\partial x} = 0; \quad p=0$$

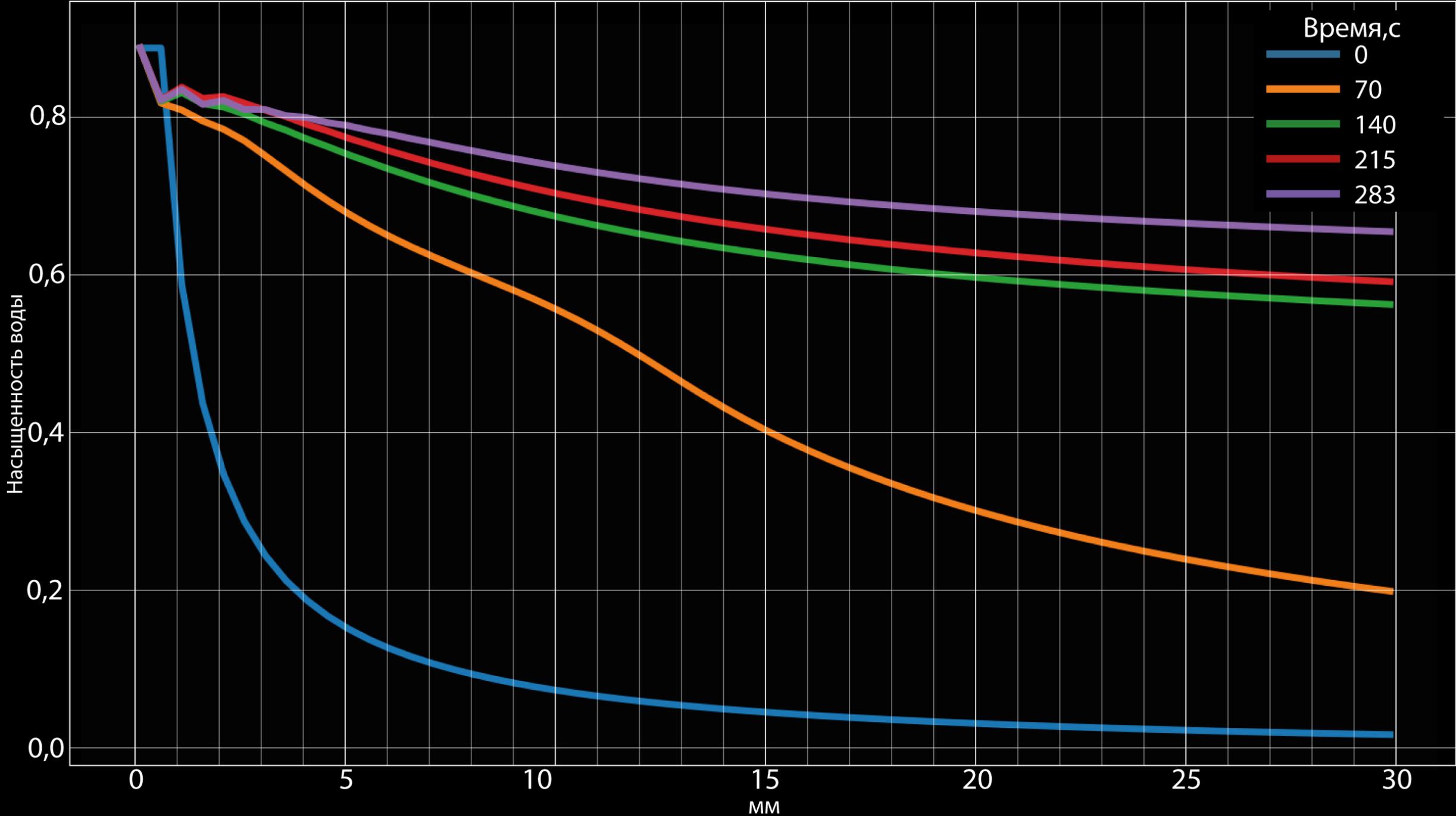
$$y=\pm \frac{H}{2}: \frac{\partial s}{\partial y} = 0; \quad \frac{\partial p}{\partial y} = 0$$

$$z=\pm \frac{h}{2}: \frac{\partial s}{\partial z} = 0; \quad \frac{\partial p}{\partial z} = 0$$

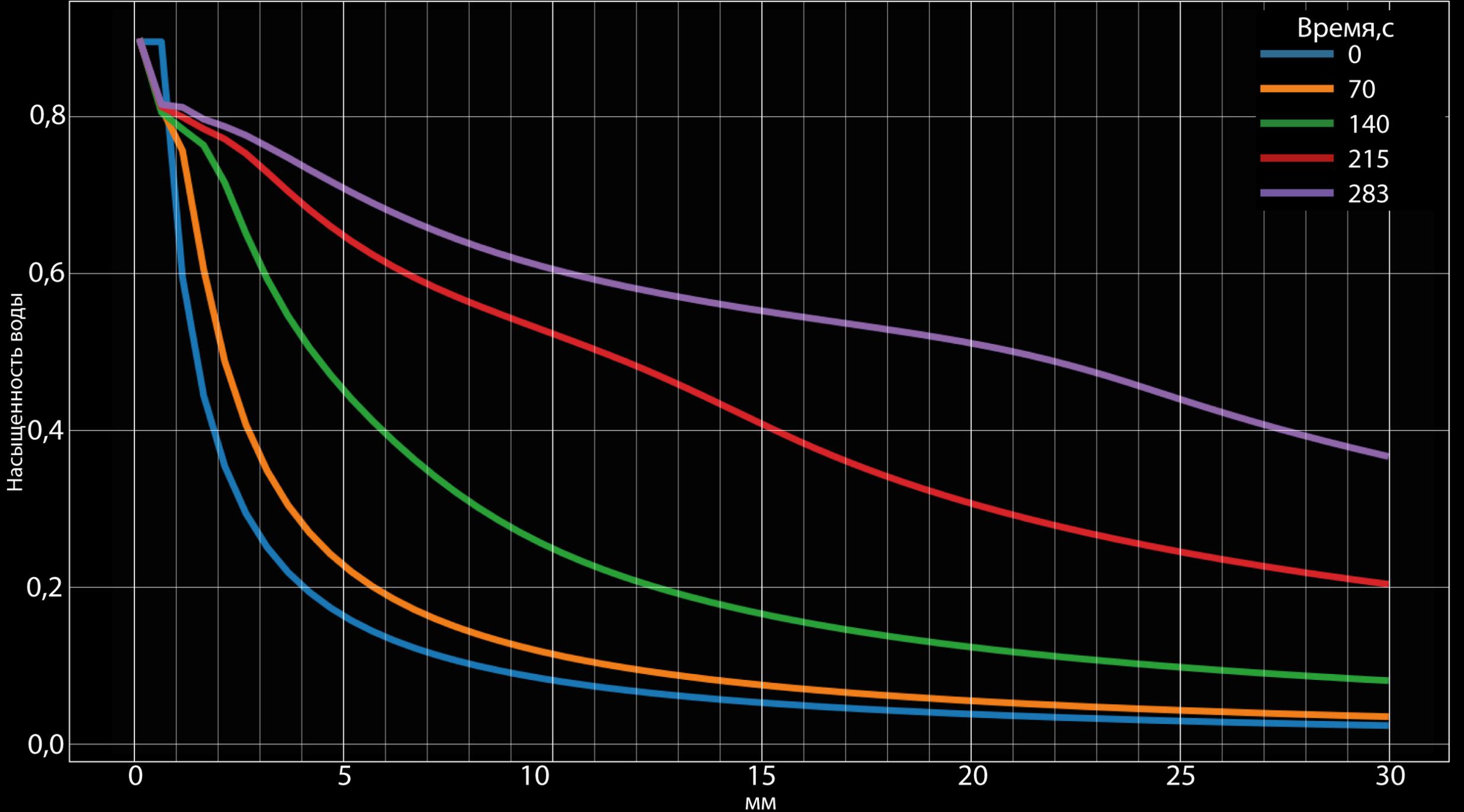


Осредненное по сечениям значение
насыщенности в зависимости от
отношения вязкостей жидкостей

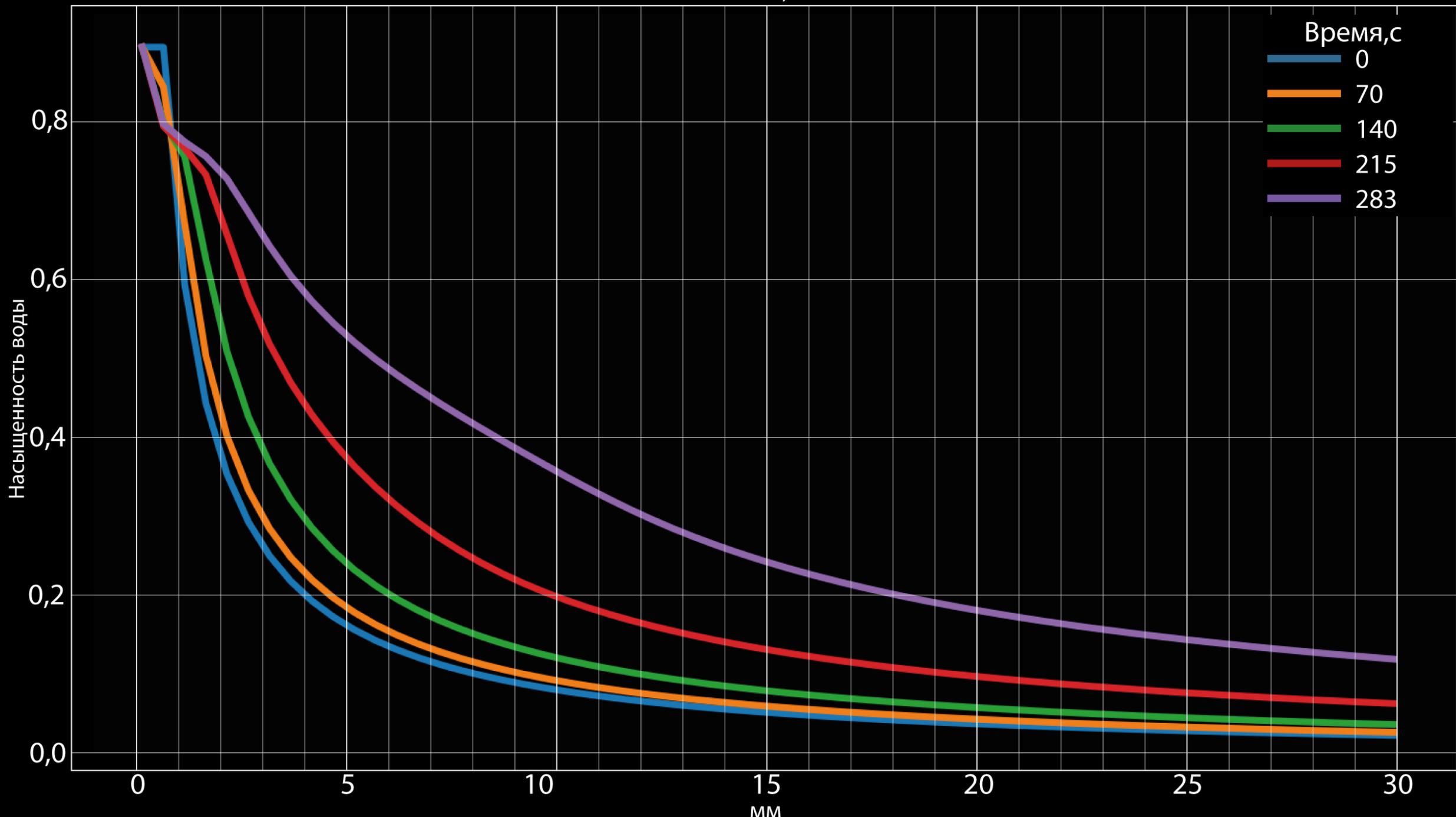
Сетка 60*60*60, М = 12,5



Сетка 60*60*60, М = 25



Сетка 60*60*60, M = 40



Выводы

- При увеличении отношения вязкостей M , то есть с ростом значения вязкости вытесняемой жидкости вода начинает медленнее проникать в пласт и процесс вытеснения замедляется.
- Построены графики, необходимые для дальнейшего получения таблиц коэффициентов для дополнительных потоковых членов, возникающих за счет влияния неустойчивости вытеснения.

Литература

- Бетелин В.Б., Смирнов Н.Н., Никитин В.Ф., Стамов Л.И., Михальченко Е.В., Тюренкова В.В., Скрылева Е.И. Способ многомасштабного моделирования нелинейных процессов подземной гидродинамики // Патент №2670174 – 18 октября 2018
- Скрылёва Е. И., Никитин В. Ф., Логвинов О. А., Смирнов Н. Н. “Фильтрационные течения в пористых средах”
- Kaviany, M.: Principles of Heat Transfer in Porous Media. Second Ed. // Springer-Verlag, New York – 1995.
- Saffman, P.G., Taylor, G.J. The penetration of a fluid into a porous medium of Hele-Shaw cell containing a more viscous fluid // Proc. R. Soc. Lond. – 1958 – A 245,312

Спасибо за внимание!