

**Цифровое моделирование процессов фильтрации пластовых вод,
контактирующих с глинодержащими породами**

Научный руководитель – Катанов Юрий Евгеньевич

Аристов Артем Игоревич

Аспирант

Тюменский индустриальный университет, Институт геологии и нефтегазодобычи,
Тюмень, Россия

E-mail: artizzq@gmail.com

Геолого-математическое моделирование процессов фильтрации пластовых вод, контактирующих с глинодержащими породами, представляет собой непростую задачу. Основная цель такого моделирования — понимание и прогнозирование процессов фильтрации и переноса веществ в пластовых водах в заглинизированных участках пород [2, 3].

Глины обладают высокой способностью к набуханию и сжимаемости, что изменяет пористость и проницаемость пород, а также коэффициенты фильтрации. Кроме того, коллоидные частицы в глинах могут вызывать закупоривание пор в пористой среде.

Для моделирования процессов фильтрации используются различные подходы, включая математические модели, основанные на уравнениях Навье-Стокса и Фика, которые описывают движение жидкости в пористой среде. На основе этих моделей разрабатываются компьютерные модели для численного моделирования процессов фильтрации, учитывающие трехмерную геологическую структуру пласта и свойства пород.

Библиотека OpenPNM может быть использована для создания точных математических моделей, учитывающих свойства пород и процессы переноса в пористых средах.

В рамках исследования был разработан методический подход к моделированию процессов фильтрации. Построена цифровая модель образца песчаника тюменской свиты, задана математическая модель процесса фильтрации и физические параметры среды. Анализировалось влияние воды под действием граничных условий по давлению, температуре и концентрации глинистого материала. В результате проведены сравнения выходных показателей и построены трехмерные визуализации.

Построены графики порового давления, водонасыщенности и концентрации глины в порах. Сравнение пористости и проницаемости образца до и после симуляции показало снижение пористости на 1.6-1.9 % и проницаемости на 50-60 % из-за увеличения концентрации коллоидных частиц.

Результаты численного моделирования позволяют оценить эффективность управления процессами фильтрации в глинодержащих породах и оптимизацию разработки месторождений углеводородов.

Будущая работа может включать расширение модели для учета многофазных потоков и реактивного переноса.

Источники и литература

- 1) Никитин В. И. Математическое моделирование проникновения фильтрата буровой промывочной жидкости в призабойную зону пласта с учетом вязкопластичных свойств нефти. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2023. Т. 334. No. 3. С. 130-137;
- 2) Wei T. et al. Clay minerals separation in soft rock driven by the liquid bridge force during water-rock interaction // Acta Geotechnica. 2024. pp. 1-15;

- 3) Min F. et al. Molecular simulation in surface hydration of clay minerals: a review of theory and applications // Miner. Mater. 2022. Vol. 1. pp. 3.

Иллюстрации

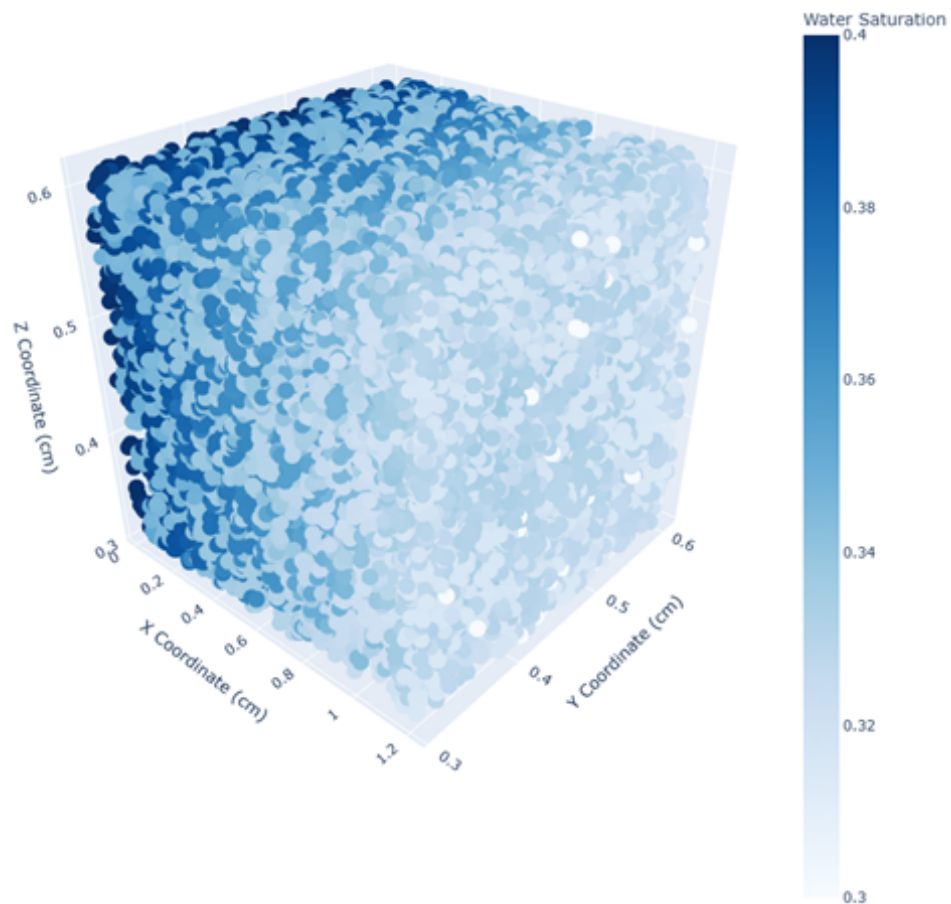


Рис. : Для представления пространственного распределения водонасыщенности по поровой сети создается трехмерная диаграмма рассеяния. Координаты x , y и z соответствуют расположению пор, а цветовая шкала указывает на уровень водонасыщения. Эта визуализация помогает понять, как вода распределена в сети, и выявить области высокой насыщенности, которые могут влиять на динамику потока.

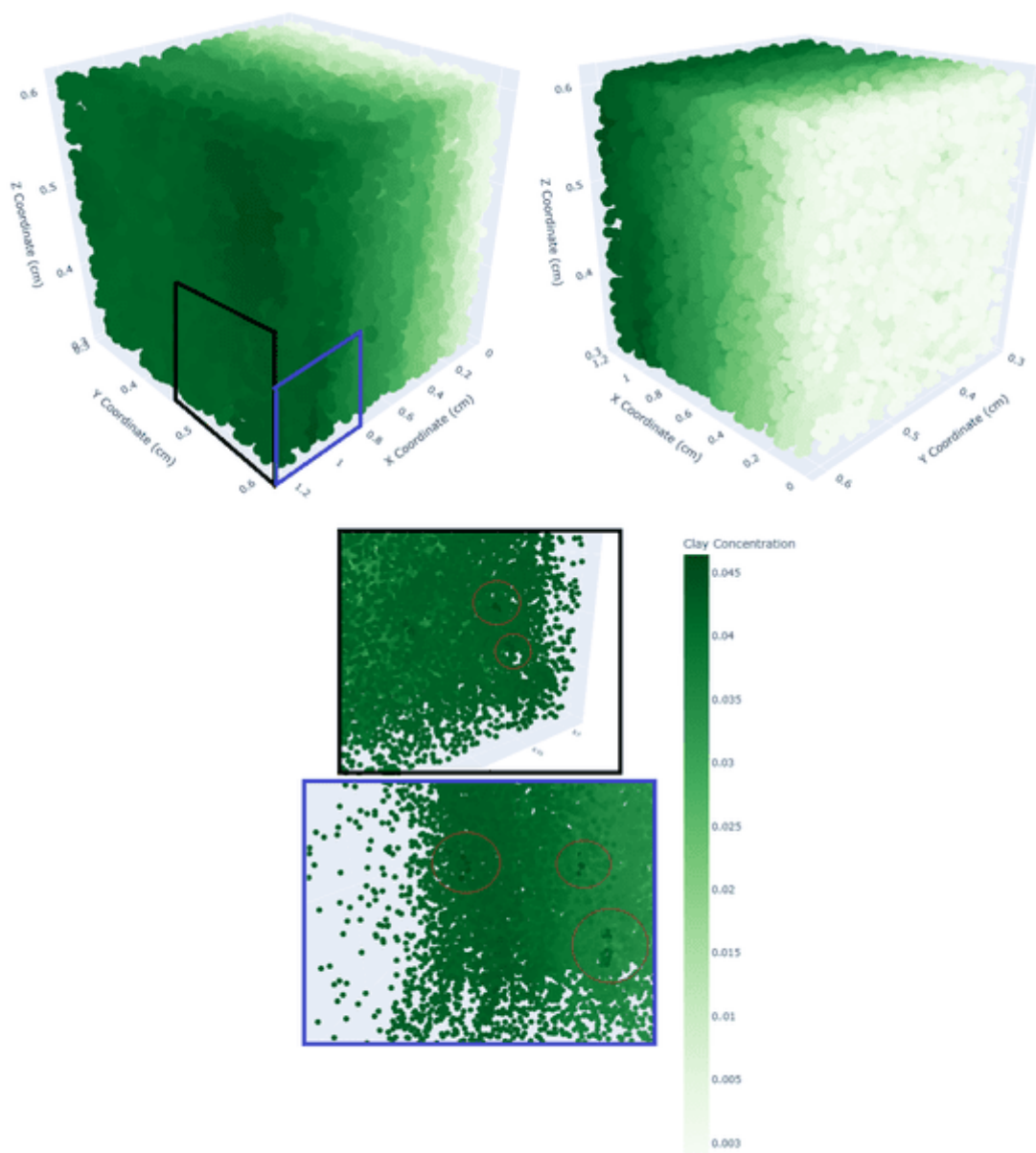


Рис. : Аналогично графику водонасыщения, для концентрации глины строится трехмерный график рассеяния. Эта визуализация дает представление о том, как содержание глины изменяется пространственно в сети. Изучая концентрацию глины, можно оценить потенциальное влияние глины на поток жидкости и коллоидный транспорт, а также определить области, где глина может накапливаться или рассеиваться. Концентрация глины представлена в виде безразмерной фракции. Например, значение 0.05 означает, что 5% объема или массы пор занято глиной. Такое безразмерное представление облегчает сравнения и расчеты в рамках моделирования, стандартизируя меру содержания глины по отношению к объему пор.