

# Численное моделирование создания сети трехмерных трещин в породах-коллекторах со сложным минеральным составом на микромасштабе

---

Начев В.А. (1, 2), Турунтаев С.Б. (1)

(1) Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики геосфер имени академика М. А. Садовского Российской академии наук, Москва, Россия

(2) Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), Долгопрудный, Московская обл., Россия

e-mail: nachev@phystech.edu

Эффективные операции по гидроразрыву пласта не всегда выполняются, даже если крупномасштабное геомеханическое моделирование предполагает благоприятные условия эксплуатации. Чтобы повысить эффективность операций ГРП, авторы проводят исследование, чтобы понять, что происходит с гидравлическим разрывом на масштабе пустот. В процессе проведения ГРП возможны два принципиально разных режима. Первый режим – это когда имеется одна доминирующая первичная трещина и небольшие боковые трещины, в то время как второй режим – это, когда имеется разветвленная конфигурация трещины. Данная работа направлена на изучение распространения трещин во время операций гидроразрыва пласта, чтобы определить условия, которые приводят к наиболее обширной сети вторичных трещин наряду с первичными трещинами в масштабе пор. Авторы исследуют возникновение и распространение трехмерных трещин, учитывая минеральный состав и сложную текстуру упругопластичных пород, таких как плотные породы и богатые органикой аргиллиты.

Для моделирования распространения 3D-трещины мы выполняем несколько шагов. На первом шаге, проводится микроструктурное описание породы с использованием методом компьютерной томографии, сканирующей электронной микроскопии и энергодисперсионной спектроскопии и рентгеновских методов. Геомеханическое описание породы включало набор лабораторных методов, таких как многостадийные испытания на прочность при сжатии, испытания на прямое растяжение, бразильские испытания на не прямое растяжение, микро- и наноиндентирование. Затем мы обрабатываем полученные данные, совмещая 2D-данные (СЭМ и QEMSCAN) с 3D-данными (КТ) и выбираем целевые репрезентативные объемы, представляющие интерес для моделирования. В конце, мы подготавливаем цифровые модели горных пород с помощью генерации сетки, заполнив модель механическими свойствами, определив контакты и установив граничные условия. Затем, мы моделируем напряженно-деформированное состояние в цифровых моделях горных пород и получаем конфигурации разветвленных трещин.

В результате мы подготовили интегральную модель, которая описывает распространение трехмерных трещин в микромасштабе и учитывает гранулированный состав, структуру образца, упругопластические свойства и условия межзеренных контактов минералов, содержащихся в образце. Проведенное численное упругопластическое моделирование выявило особенности зарождения и распространения трещин в гетерогенных 2D и 3D моделях со сложной геометрией контактов между минералами. Мы предложили теоретический метод, связывающий полученных результаты численного моделирования напряженно-деформированного состояния и геометрии трещины с давлением нагнетания жидкости во время операций гидроразрыва пласта для достижения максимального раскрытия трещины на месторождении.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 122032900167-1).