

Изменения структуры пористости при нарушении упругого характера деформирования горных пород

Жуков В.С., Кузьмин Ю.О.

Федеральное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия

e-mail: vital.zhukov2018@yandex.ru

Исследованию изменений структуры порового пространства горных пород при подготовке разрушения горных пород авторами к настоящему времени посвящено ряд работ [Жуков, Салов, Кузьмин, 1991; Жуков, Кузьмин, 2003], а также показано, что наличие трещин в горных породах значительно влияет на их физические свойства [Жуков, 2012, Жуков, Семенов, Кузьмин, 2018; Жуков, Кузьмин, 2020]. Но к настоящему времени, даже на лабораторном уровне, недостаточно полно исследованы различные аспекты влияния структуры пористости и, в частности, соотношения межзерновой и трещинной пористости горных пород на характер деформирования и подготовку разрушения горных пород.

В работе рассмотрены результаты экспериментальных исследований изменений структуры пористости образцов песчаника при нарушении упругого характера деформации в процессе подготовки разрушения в условиях, моделирующих пластовые [Жуков и др., 2021]. Исследованные образцы были разделены по типу (хрупкий, упруго-пластичный и дилатансионный) деформирования и разрушения при росте дополнительного осевого сжатия. На примере характерных образцов с различными типами разрушения показаны различия характера изменения их общей пористости и ее компонент (межзерновой и трещинной). Показано, что изменения общей пористости и ее межзерновой компоненты в процессе роста осевого сжатия имеют характер, близкий к характеру изменений объёмной деформации. Выявлено, что изменения трещинной пористости проявляют модулирующий (управляющий) характер при переходе от упругого (линейного) деформирования к нелинейному (хрупкому, упруго-пластичному и дилатансионному) характеру деформирования образцов перед их разрушением.

Раздельный анализ трещинной и межзерновой компонент пористости позволил выявить, что деформационные процессы, протекающие в образце при переходе от упругих деформаций к разрушающим, сопровождаются как уплотнением породы за счет уменьшения объёма межзерновых пор, так и разуплотнением, за счет увеличения трещиной пористости. Выявлено, что компоненты общей пористости (межзерновая и трещинная) различным образом реагируют на изменения напряженного состояния и характера деформирования образцов. Показано, что начальная трещинная пористость образцов оказывает значительное влияние различия при подготовке разрушения образцов песчаника.

Установлено, что изменения трещинной пористости, несмотря на значительно меньшие её величины по сравнению с межзерновой пористостью, проявляют модулирующий (управляющий) характер при переходе от упругого (линейного) деформирования к хрупкому, упруго-пластичному и дилатансионному характеру деформирования образцов перед их разрушением. Предложено принять резкие изменения величины трещинной пористости и ее доли в общей пористости предвестниками или триггерами этих переходов.

Жуков В.С., Салов Б.Г., Кузьмин Ю.О. Деформации и трещинообразование в образцах горных пород при длительном воздействии постоянных сжимающих напряжений // В Сборнике: Модельные и натурные исследования очагов землетрясений. М.: Наука. 1991. С.156-162.

Жуков В.С., Кузьмин Ю.О. Физическое моделирование современных геодинамических процессов // Горный информационно-аналитический бюллетень №5. 2003. С.71-77.

Жуков В.С. Оценка трещиноватости коллекторов по скорости распространения упругих волн // Вести газовой науки. 2012. №1(9). С.148-152.

Жуков В.С., Семенов Е.О., Кузьмин Ю.О. Динамика физических свойств коллекторов при разработке месторождений нефти и газа // Вести газовой науки. №5(37), 2018. С.92-87.

Жуков В.С., Кузьмин Ю.О. Экспериментальные исследования влияния трещиноватости горных пород и модельных материалов на скорость распространения продольной волны // Физика Земли. 2020. № 4. С.39-50. DOI 10.31857/S0002333720040109.

Жуков В.С., Кузьмин Ю.О., Тихоцкий С.А., Егоров Н.А., Фокин И.В. Изменения трещинной пористости при подготовке разрушения горных пород / В сборнике «Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле – материалы 22 международной конференции». М.: ИГЕМ РАН, ГЕОХИ РАН, ИФЗ РАН. 2021. С.106-109.