

## ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТРЕЩИНЫ ГИДРОРАЗРЫВА С КРУПНЫМИ НЕОДНОРОДНОСТЯМИ ПО ДАННЫМ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Т. К. Чумаков\*, Е. В. Зенченко, П. Е. Зенченко, С. Б. Турунтаев

*Институт динамики геосфер имени академика М. А. Садовского Российской академии наук, Москва, Россия*

*\*E-mail: chumakov.tk@idg.ras.ru*

---

В работе представлены результаты лабораторного исследования распространения трещины гидроразрыва в модельном материале, содержащем крупные неоднородности. Изучение взаимодействия трещины гидроразрыва с включениями представляет значительный интерес для понимания механизмов развития трещин в реальных геологических средах, где структура пород характеризуется наличием неоднородностей различного масштаба и происхождения.

Эксперименты проводились на цилиндрических образцах с центральной скважиной, изготовленных из гипсоцементной смеси и промышленного наливного пола. Для формирования структурной неоднородности в образцы вводились включения из альтернативного материала, обладающего отличающимися физико-механическими свойствами. Конфигурация включений подбиралась таким образом, чтобы обеспечить взаимодействие распространяющейся трещины гидроразрыва с границами раздела материалов в процессе её роста.

Перед проведением экспериментов были исследованы основные физико-механические характеристики используемых материалов, включая прочность при сжатии и растяжении, плотность, модуль упругости и проницаемость. Это позволило корректно интерпретировать наблюдаемые особенности формирования трещины гидроразрыва.

Процесс образования и роста трещины регистрировался методом акустической эмиссии с использованием пьезоэлектрических датчиков, размещённых на поверхности экспериментальной сборки. Одновременно осуществлялась регистрация давления жидкости в скважине. Обработка данных включала выделение импульсов акустической эмиссии, определение времени их вступления и локацию источников сигналов с использованием времён прихода упругих волн.

Показано, что при взаимодействии с включениями трещина гидроразрыва не пересекает их, а распространяется вдоль границы раздела материалов, огибая включения. После выхода из зоны неоднородности трещина продолжает рост в основном материале образца. Установлено, что процесс роста трещины сопровождается ступенчатым увеличением накопленной активности акустической эмиссии. Интервалы интенсивного роста соответствуют распространению трещины в основном материале, тогда как участки пониженной активности связаны с её распространением вдоль границ включений.

Результаты локации источников акустической эмиссии показывают, что их пространственное распределение хорошо согласуется с траекторией трещины, наблюдаемой на поверхности образцов после проведения экспериментов. Это подтверждает возможность использования метода акустической эмиссии для детального анализа динамики развития трещин гидроразрыва.

Полученные результаты свидетельствуют о существенном влиянии крупных неоднородностей на характер распространения трещины гидроразрыва и могут быть использованы при интерпретации аналогичных процессов в природных геологических средах.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема № 125012100531-7).*

## FEATURES OF HYDRAULIC FRACTURE INTERACTION WITH LARGE HETEROGENEITIES BASED ON ACOUSTIC EMISSION DATA

**T. K. Chumakov\*, E. V. Zenchenko, P. E. Zenchenko, S. B. Turuntaev**

*Sadovsky Institute of Geospheres Dynamics of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

\*E-mail: [chumakov.tk@idg.ras.ru](mailto:chumakov.tk@idg.ras.ru)

The paper presents the results of a laboratory study of hydraulic fracture propagation in a model material containing large heterogeneities. The investigation of fracture interaction with inclusions is of significant interest for understanding fracture development mechanisms in real geological media, where rock structure is characterized by heterogeneities of various scales and origins.

The experiments were carried out on cylindrical samples with a central borehole, fabricated from a gypsum-cement mixture and a commercial self-leveling compound. Structural heterogeneity was introduced by embedding inclusions made of an alternative material with different mechanical properties. The configuration of the inclusions was designed to ensure interaction between the propagating hydraulic fracture and material interfaces during its growth.

Prior to the experiments, the main physical and mechanical properties of the materials were determined, including compressive and tensile strength, density, elastic modulus, and permeability. This allowed for a reliable interpretation of the observed features of hydraulic fracture formation.

The fracture initiation and propagation processes were monitored using the acoustic emission (AE) method with piezoelectric sensors mounted on the experimental assembly. Simultaneously, the fluid pressure in the borehole was recorded. Data processing included the detection of AE events, determination of their arrival times, and localization of the emission sources using travel-time analysis of elastic waves.

It is shown that upon interaction with inclusions, the hydraulic fracture does not penetrate them but propagates along the material interfaces, effectively bypassing the inclusions. After leaving the heterogeneous zone, the fracture continues to propagate in the host material. It is established that fracture growth is accompanied by a stepwise increase in cumulative acoustic emission activity. Periods of rapid AE growth correspond to fracture propagation in the host material, whereas intervals of reduced activity are associated with propagation along material interfaces.

The localization results demonstrate that the spatial distribution of AE sources is in good agreement with the fracture trajectory observed on the sample surface after the experiments. This confirms the applicability of the acoustic emission method for detailed analysis of hydraulic fracture dynamics.

The obtained results indicate a significant influence of large heterogeneities on hydraulic fracture propagation and can be used for interpreting similar processes in natural geological environments.