

Неустойчивость трения горных пород в лабораторном эксперименте

Веттегрень В.И. (1, 2), Щербаков И.П. (2), Мамалимов Р.И. (1, 2),
Кулик В.Б. (2), Пономарёв А.В. (1), Майбук З.Я. (1), Хромов А.А. (1)

(1) Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, Москва, Россия

(2) Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

e-mail: Victor.Vettegren@mail.ioffe.ru

В 1966 г. известные американские специалисты в области физики разрушения и моделирования процессов подготовки землетрясений В. Брейс и Дж. Байерли [Brace W.F., Byerlee J.D]. Stick-slip as a mechanism for earthquakes // Science. 1966. V. 153. P. 990-992.] высказали предположение, что причиной землетрясений может быть повторяющаяся неустойчивость скольжения блоков горных пород. С тех пор предметом особого интереса в сейсмологии и геомеханике стали фрикционные явления на контактах в геоматериалах, в частности, при образовании трещин сдвига. Цель настоящей работы - исследовать минеральный состав поверхностных слоев пород после трения и образования трещин сдвига. Были построены установки для: получения временных зависимостей силы трения пластин из горных пород, создания трещин сдвига при сжатии цилиндрических образцов, получения спектров трибололюминесценции (ТЛ), исследования динамики ТЛ и оценки локальной температуры в зоне трения. Образцы: рифейский песчаник, гнейс, базальт, гранит, диорит, тоналит и ксенолит. Для исследования минерального состава поверхностей трения и трещин сдвига использовалась инфракрасная, рамановская и фотоллюминесцентная спектроскопия. Обнаружено, что трение и образование трещин сдвига приводят к образованию глинистых минералов (каолинита, иллита, монтмориллонита и глауконита), насыщенных водой и имеющих низкий коэффициент трения. Анализ спектров трибололюминесценции показал, что при трении кристаллические решетки минералов разрушаются и образуются электронно-возбужденные свободные радикалы $\equiv Si - O-$, $-Si - Al+$ и $= Si_2+$. Они весьма активны и при взаимодействии с водой и растворенными в ней минералами могут вызывать химические реакции, приводящие к образованию глин. Эти результаты позволяют уточнить ранее предложенный механизм скачкообразности. Трение и сдвиг разрушают кристаллические решетки минералов, что приводит к образованию химически активных радикалов и ловушки, которые при взаимодействии с водой и растворенными в ней минералами инициируют химические реакции, приводящие к образованию глин. Формирование глинистой прослойки в зоне трения, по-видимому, может рассматриваться как фактор, вызывающий переключение из режима плавного роста деформации к ее скачкообразному увеличению. Пока в зоне трения не образуется слой глины, напряжение растет. В момент, когда он покрывает достаточно большую поверхность трения, сила трения резко уменьшается и возникает скачкообразный сдвиг.