

# “Веерный” механизм разрушения цельных горных пород – как триггер динамических процессов на сейсмических глубинах в земной коре

---

Тарасов Б.Г.

Научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела, Санкт-Петербург, Россия

e-mail: bgtaras@gmail.com

Данный доклад обсуждает суть недавно обнаруженного автором “веерного” механизма разрушения цельных прочных пород магистральными трещинами сдвига в условиях объемного сжатия, соответствующего сейсмическим глубинам в земной коре. Веерный механизм является триггером спонтанного развития таких трещин с высокими скоростями, которые могут превосходить скорость упругих волн. Показано, что наряду с другими типовыми характеристиками он определяет также диапазон глубин сейсмической активности и характер распределения частоты землетрясений с глубиной.

Сформированные этим механизмом магистральные трещины сдвига имеют одинаковую структуру, наблюдаемую как в природных разломах, вызывающих землетрясения и мощные горные удары (shear rupture rockbursts), так и в лабораторных образцах. Структура магистральных сдвиговых трещин представляет собой эшелон трещин отрыва и пластин породы между ними, заполняющих пространство между берегами магистральной трещины. Трещины отрыва и структурные пластины, следующие непрерывно друг за другом, зарождаются и формируются на кончике растущей магистральной трещины. Угол ориентации трещин отрыва и структурных пластин изначально совпадает с направлением действия максимального главного напряжения  $\sigma_1$ . При сдвиге берегов магистральной трещины структурные пластины подвергаются развороту на разные углы в зависимости от величины относительного смещения берегов, играя роль шарниров. Вследствие того, что величина относительного смещения берегов увеличивается с ростом расстояния от кончика магистральной трещины, в голове магистральной трещины образуется веер, состоящий из структурных пластин.

Веерная структура обладает рядом фантастических свойств, главными из которых являются следующие:

- сопротивление сдвигу между берегами магистральной трещины в зоне веера снижается до значений на порядок ниже прочности трения (остаточной прочности);

- веерная структура является мощным природным механизмом, усиливающим действующие в массиве напряжения сдвига в десятки раз на кончике и в зоне веера.

Совокупность этих свойств создает в веерной зоне условие мощного само-дисбаланса, ввиду огромного превосходства сдвиговых напряжений над сопротивлением сдвигу, созданных веером. Это позволяет веерной голове магистральной трещины с легкостью пронизывать цельные породы любой прочности при сдвиговых напряжениях в массиве существенно ниже прочности трения (до десятичного порядка). Важно отметить, что процесс разрушения цельной породы веерным механизмом сопровождается малыми величинами стресс-дропа, типичными для землетрясений, и аномально малой энергоемкостью разрушения с колоссальным выделением свободной упругой энергии. Веерный механизм активизируется только при высоких значениях  $\sigma_3$ , соответствующих глубинам сейсмической активности в земной коре. Причины этого обсуждаются в докладе.

Для создания первичной веерной структуры в цельных породах необходимы высокие напряжения, которые могут образовываться в массиве локально вблизи существующих разломов в местах напряженных контактов между берегами разлома. После завершения формирования первичного веера в зоне высоких локальных напряжений и создания условия само-дисбаланса в веерной

структуре, веер приобретает возможность динамического перемещения в область низких напряжений в массиве, являясь триггером создания новой магистральной трещины, вызывающей эффект землетрясения или горного удара. Близость новых трещин к существующим разломам создает иллюзию динамического проскальзывания (стик-слип) вдоль разлома. С позиций веерного механизма можно объяснить целый ряд существующих парадоксов и загадочных фактов, связанных с динамическими явлениями в земной коре. Анализ свойств веерного механизма позволяет сделать вывод о том, что он является главным триггером землетрясений и глубинных горных ударов (типа shear rupture rockbursts), т.к. в отличие от стик-слип механизма он может активизироваться при сдвиговых напряжениях в массиве существенно (на порядок) ниже остаточной прочности.