

# Геомеханика и тектонофизика о состоянии разлома перед землетрясением

---

**Ребецкий Ю.Л.**

ФГБУН Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, Москва, Россия

e-mail: reb@ifz.ru

С позиции тектонофизики рассматривается проблема механизма возникновения мега-землетрясений. Показано, что данные, полученные методами тектонофизики о магнитудах естественных напряжений в регионах с сильнейшими землетрясениями XXI века, являются ключевыми в главной дискуссии XX века по проблеме прогноза катастрофических землетрясений и, в частности, в ответе на вопрос «Если большое землетрясение происходит, когда напряжение превышает прочность горных пород, то почему небольшие землетрясения происходят над сейсмогенной зоной постоянно?» [1].

Выполнен анализ состояния в области прогноза землетрясений и современных взглядов геомеханики на зарождение очагов сильных землетрясений. В рамках теории трения, зависящего от Rate&State [2,3], с 90-х годов в работах Mory, Rice, Rubin, Reches, Uenishi и др. активно исследована возможность трансформации медленного скольжения в динамическое (сейсмические события) за счет падения прочности в процессе асейсмического скольжения. Рассматривалась возможность разрушения протяженного «запертого» участка разлома в зонах субдукции. Было установлено, что зона асперити не может быть разрушена без предварительного снижения прочности. В ней начинает формироваться локализованный участок асейсмического скольжения, медленно увеличиваясь в размерах. Затем за короткое время по сравнению с сейсмическим скольжением происходит переход от очень медленных скоростей скольжения к сейсмическим [4, 5]. Длительность фазы постепенного укоренного скольжения может занимать достаточно продолжительное время, т.к. предельный уровень смещений может достигать 20-30% от сейсмических. Таким образом, за определенное время до землетрясения шероховатость превращается в его оппозицию - зону асейсмического скольжения со сниженным уровнем напряжений.

Полученные результаты тектонофизической инверсии напряжений определяют основную площадь очага мега-землетрясения как протяженную область низких и средних напряжений, что соответствует современным физическим представлениям, указывающим на то, что очаг землетрясения зависит от скорости и состояния теории трения. В реальных породах процессы снижения прочности из-за возрастающего асейсмического смещения могут занимать годы, многие десятилетия, а может быть и столетия. Для наблюдателя, который живет на заключительном этапе подготовки землетрясения, это фактически означает, что сильных землетрясений в зонах субдукции не связаны с асперити, а с теми участкам, где прочность разрушения снижается на большой площади.

Результаты анализа напряжений в очагах сильнейших землетрясений 21 века позволили наполнить физическим смыслом термин «метастабильное состояние» разломов, пришедший в сейсмологию из физики фазовых состояний. Метастабильному этапу предшествует устойчивое состояние, для которого эффективные напряжения имеют большие вариации значений. Переход к нестабильному состоянию определяется процессами в зоне нуклеации (зарождения) землетрясения и требует дополнительных исследований, как в лабораторном эксперименте, так и при проведении инверсии напряжений для землетрясений с малыми. Тектонофизический анализ природных напряжений показывает, что зарождение мега-землетрясения может происходить как от границы очага, так и внутри этой границы. В обоих случаях этот небольшой участок зарождения землетрясения должен быть зоной повышенного напряжения.

Работа выполнена в рамках Госзадания ИФЗ РАН, а также при финансированию в рамках проекта РФФИ N 19-55-53025 ГФЕН\_а.

Литература

1. Kagan, Y.Y., 1997. Are earthquakes predictable. *Geophys.J.* 131, 505-525.
2. Dieterich, J., 1972. Time-dependence of rock friction. *J.Geophys.Res.* 77, 3690-3697.
3. Ruina, A., 1983. Slip instability and state variable friction laws. *J.Geophys.Res.* 88, 10 359-10 370.
4. Abercrombie, R.E., Rice, J.R., 2005. Can observations of earthquake scaling constrain slip weakening? *Geophys.J.Int.* 162, 406-424.
5. Rice, J.R., Uenishi, K., 2002. Slip development and instability on a heterogeneously loaded fault with power-law slip-weakening, EOS, *Trans.Am. geophys.Un. Fall\_Meeting\_Suppl.* 83(47), abstract S61E-06.