

Инициирование тектонических землетрясений горными работами

Кочарян Г.Г., Будков А.М., Кишкина С.Б.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки институт динамики геосфер РАН, Москва, Россия

e-mail: gevorgkidg@mail.ru

Предложена феноменологическая модель землетрясений ($M > 3$), вызванных добычей полезных ископаемых.

1. Основными причинами инициирования динамического скольжения по разлому при добыче полезных ископаемых являются:

- квазистатическое изменение поля напряжений в результате выемки и перемещения горной породы,
- изменение эффективной жесткости вмещающего горного массива в результате проходки,
- изменение гидрогеологического режима зон разломов,
- накопление малых деформаций, локализованных на разрывах в зонах активных разломов.

2. Следующие геомеханические критерии должны быть выполнены для возникновения динамического скольжения по разлому:

(i) Касательные напряжения на локальном участке разлома должны достигать уровня, близкого к текущему значению прочности (в большинстве случаев это выполняется для активных разломов).

(ii) материал центральной части разлома должен обладать свойствами разупрочнения с ростом скорости скольжения

(iii) Должно выполняться определенное соотношение жесткости породы и жесткости разлома.

3. Для инициирования землетрясения определенной величины необходимо изменить уровень напряжений или свойства материала в сегменте разлома, по крайней мере, в несколько раз больше, чем площадь зоны нуклеации будущего землетрясения. Если в результате горных работ НДС изменяется на относительно большой площади, то положительного изменения функции Кулона на величину порядка десятой доли МПа может оказаться достаточным для возникновения землетрясения.

4. Проходка подземных выработок может изменить эффективные упругие свойства вмещающего горного массива в окрестности активного разлома. Это означает, что довольно сильное землетрясение может иметь место даже в ранее асейсмичном регионе.

5. Добыча открытым способом в большинстве случаев не влияет ни на механические свойства массива на глубине гипоцентра, ни на жесткость разлома. Извлечение и перемещение породы при открытых горных работах в асейсмичных или слабосейсмичных регионах не могут быть причиной крупных тектонических землетрясений.

В сейсмически активных регионах разработка крупных карьеров может существенно приблизить время будущего землетрясения.

6. Антропогенное влияние может, как инициировать сейсмические явления, так и снижать уровень сейсмической опасности. Величины событий, чувствительных к антропогенному воздействию, ограничены и, по экспертной оценке, лишь в исключительных случаях могут превышать величины $M \sim 6-6,5$.

Работа была поддержана РФФИ (гранты N 16-05-00694; 19-05-00378).