

Таким образом, предлагаемый алгоритм расчета позволяет устанавливать значение толщины плиты и может быть использован при проектировании футеровок.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Защитные Футеровки и покрытия горнообоготительного оборудования / Тарасенко А.А., Чижик Е.Ф. и др. -М.: Недра, 1965. -204 с.
2. Настоящий В.А. Определение динамических нагрузок оболочковых резиновых футеровок в мельницах первой стадии измельчения // Физическое и математическое моделирование технологических процессов промышленного комплекса. -Норильск, 1982. -С. 105-111.
3. Определение рациональных параметров резиновых футеровок шаровых мельниц / Миронюк А.Ф., Чижик Е.Ф., Настоящий В.А.// Обогащение полезных ископаемых. -Киев: Техника, 1989. -Вып. 27. -С. 79-81.
4. Крюков Д.П. Усовершенствование размольного оборудования горно-обогатительных предприятий. -М.: Недра, 1965. -174 с.
5. Дырда В.И., Чижик Е.Ф., Кияшко В.И., Карачабан Н.Г. Резиновые детали в инженерной практике. -Днепропетровск: Полиграфист, 1998. -505 с.
6. Тимошенко С.П. Соппротивление материалов. Т2. - М.: Наука, 1965. -480 с.

УДК 551.24

Л.Ж. Горобец

### О МЕХАНОАКТИВАЦИИ ГОРНЫХ ПОРОД В СЕЙСМИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ

На підставі результатів виміру параметрів механоактивації тонкодисперсного порошку породы, що випробувала дію тектонічних сил, пропонується розпізнавати природу розривних порушень при землетрусах.

На основании результатов измерений параметров механоактивации тонкодисперсного порошка породы, испытавшей действие тектонических сил, предлагается распознавать природу разрывных нарушений при землетрясениях. Получено соотношение значений механоактивационного параметра для способов разрушения, отличающихся динамичностью: крип, взрыв, сейсмогенный разрыв.

Природа сейсмического процесса в настоящее время рассматривается как проявление динамически протекающей деструкции и разрушения пород в сейсмофокальных зонах [1]. Известно, что при землетрясениях имеет место сейсмогенное быстрое смещение пород со скоростью порядка десятка м/с, с амплитудой до десятка метров, при сдвиговом напряжении в десятки и сотни МПа. При этом в плоскостях скольжения пород за счет фрикционного нагревания достигаются температуры плавления с образованием у пород тонких пленок стекла. На

остеклованных поверхностях пород в момент сейсмического акта происходит излучение основной доли упругой энергии сейсмических колебаний. Размеры таких поверхностей контактного взаимодействия берегов разрывов в моменты сейсмогенных движений весьма ограничены и достигают десятков, редко сотни м<sup>2</sup>. По наличию остеклованных зеркал скольжения изучаются очаги древних землетрясений, когда обнажаются глубинные участки зон крупных разломов [2]. Это важно для прогноза землетрясений, приуроченных к зонам сейсмогенерирующих длительноживущих разломов.

Для оценки сейсмического потенциала геологических структур этих зон и вероятности возникновения очередного сильного землетрясения предлагаются различные модели развития сеймотектонической деструкции земной коры и механизмы возникновения магистральной трещины [3]. При изучении проявления сеймотектонической деятельности пород используют различные методы, например, метод изучения глинки трения и метод пломбирования разрывных нарушений [4, 5]. Метод изучения тектонической глинки трения включает исследования формы и физического состояния частиц с применением электронной микроскопии, термо- и фотолюминесцентного анализа. При этом тонкий анализ катаклазированных пород позволяет различать продукты криповых и сейсмогенных подвижек, датировать их возраст.

В данной работе для распознавания очагов землетрясений предлагается оценка механоактивационных свойств, приобретаемых породой в сейсмическом процессе и контролируемых по состоянию вещества породы в области магистрального разрыва (с зеркалами скольжения), а также в зонах залеченных трещин, палеосейсмодислокаций, тектонического крипа и т.д.

Объекты для исследования – образцы и порошки из разломов – предоставлены сотрудником Института земной коры СО РАН докт. геол.-мин. наук Ружичем В.В., принявшим участие в выполнении данной работы, обсуждении и использовании результатов для задач прогноза землетрясений.

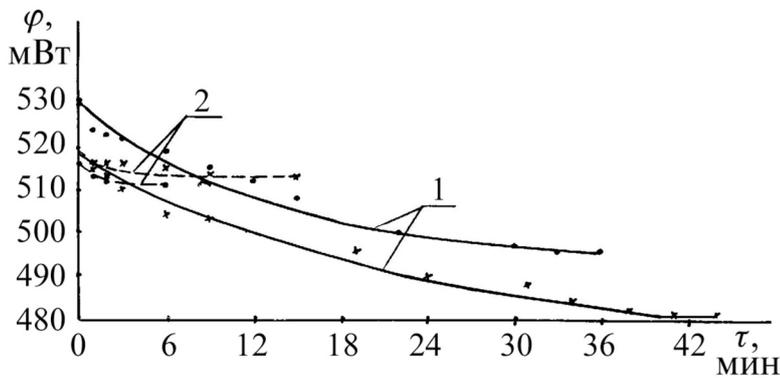
Для оценки механоактивации продуктов разрушения пород, активированных сейсмическим процессом, применена потенциометрическая методика, позволяющая по величине условного адсорбционного потенциала тонкодисперсного порошка в условиях некоторой физико-химической системы дать оценку величине свободной энергии, запасенной твердым телом при его обработке и разрушении (сжатием, ударом, трением, взрывом и др.) [6]. Показано, что для конкретного

энергетического режима обработки существует предельная величина запасенной телом энергии, которой соответствует определенное изменение потенциала  $\Delta\varphi$  (а в ряде случаев и водородного показателя  $\Delta pH$ ) окислительно-восстановительной системы ферро-ферри ( $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ ) в процессе адсорбции ионов Fe на поверхности тонкодисперсного материала (менее 100 мкм). Многочисленные эксперименты показали, что минеральное сырье, обработанное в измельчительных аппаратах, и тонкодисперсные частицы, образованные разрушением природных сред, характеризуются увеличением адсорбционного потенциала по сравнению с исходным материалом аналогичной крупности [7].

Изменение адсорбционных свойств диспергированных порошков может служить параметром для сопоставления их активности, поскольку свободная энергия адсорбции при прочих равных условиях (близких факторах физической и химической природы) зависит от режима нагружения, изменяющего ювенильную поверхность, количество функциональных групп, надмолекулярную структуру, химический состав, теплоту смачивания и растворения вещества. Согласно новым представлениям о разрушении [8], можно рассматривать механоактивацию как одну из форм автовозбуждения активности вещества на стадии спонтанного разрушения тела (авторезонанса). В этой связи эффекты механоактивации определяются энергетическими параметрами заключительной стадии, завершающей процесс разрушения – диспергирования – стадии, формирующей тонкодисперсные активированные фрагменты и отдельности разрушаемой среды.

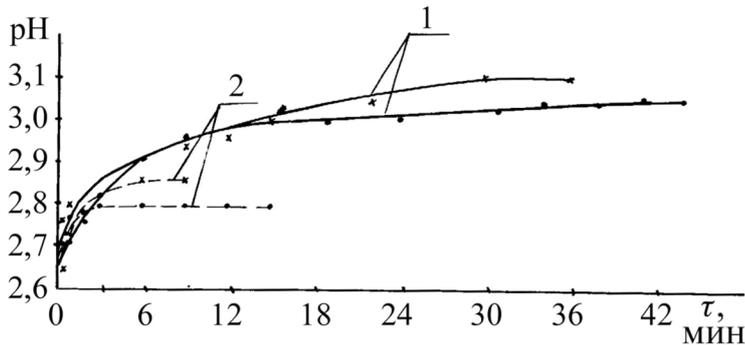
С учетом вышеизложенного представляет интерес исследование механоактивационных свойств природных материалов, испытавших действие тектонических деформаций и напряжений в очаге землетрясения. Основные минералы горной породы – эпидот, хлорит, кальцит. Используемая в данной работе методика состояла в следующем. С поверхности образцов (основное вещество необработанной породы и зеркало скольжения) снимали тонкий слой (до 1 мм), растирали в ступке до размера частиц менее 100 мкм, подвергали ситовому анализу. Выделенные фракции –40 мкм и 40-100 мкм исследовали потенциометрическим методом с контролем изменения потенциала до стабильного значения. Начальное значение потенциала, с которого начинается исследование, должно составлять 500...530 мВ. Равновесным значением потенциала считают величину, при которой изменение потенциала за 3 мин. не превысит 1 мВ. Длительность измерения соста-

вила 6...12 мин. Масса исследуемой пробы – 15 мг. В процессе адсорбции ионов трехвалентного железа на поверхности тонкодисперсного материала происходит падение потенциала суспензии. Одновременно проводилась регистрация параметра рН (начальное значение – 2,6...2,7), так как для некоторых пород величина рН может служить также характеристикой механоактивации.



1 – вещество зеркала скольжения; 2 – основное вещество породы

Рис. 1 – Кинетика механоактивации порошков горной породы при сейсмическом процессе (дисперсность 100% – -40 мкм)



1 – вещество зеркала скольжения; 2 – основное вещество породы

Рис. 2 – Кинетика рН порошков горной породы (-40 мкм)

На рисунке 1 и рис. 2 показано изменение характеристик адсорбции ( $\varphi$  и рН), предлагаемых для оценки степени механоактивации пленок на зеркалах скольжения или тектонической «муки», образованных при разрушении пород в сейсмическом процессе. Видно, что механоактивационные свойства более сильно выражены (в 3,5...4 раза) у вещества зеркала скольжения по сравнению с основным веществом исследуемой породы. При этом изменение потенциала для более тонкой фракции (менее 40 мкм) в

1,5...9 раз выше, чем для фракции крупнее 40 мкм. Следует отметить, что уровень механоактивации породы в природных условиях (в сейсмическом процессе) в десятки раз более высокий, чем у породы, активированной разрушением в лабораторном эксперименте (нагрузением сжатием со сдвигом и отрывом). Установлено, что изменение адсорбционного потенциала  $\Delta\varphi$  (от начального до равновесного значения) характеризуется следующим соотношением для различных способов обработки пород: крип (лабораторный образец): взрыв (лабораторный образец): сейсмогенный разрыв (зеркало скольжения) = 1 : 5 : 57 (30).

Опыты показали, что параметр  $pH$  в процессе адсорбции активированных порошков изменялся в узком диапазоне:  $\Delta pH = 0,01 \dots 0,65$ , однако, увеличение  $pH$  для более тонких фракций (менее 40 мкм) в 1,6...3 раза выше по сравнению с более крупными (до 100 мкм). В этой связи считаем, что надежным механоактивационным параметром для исследуемых пород является только  $\Delta\phi$ .

Для оценки механоактивации представляет интерес также наблюдение за скоростью адсорбции: увеличение скорости изменения  $\Delta\phi$  ( $\Delta\dot{\phi}$ ) указывает на повышенные механоактивационные свойства. Исследования показали, что максимальную механоактивность проявляет вещество зеркала породы (фракция – 40 мкм):  $\Delta\dot{\phi} = 35 \dots 57$  мВ/мин, тогда как при разрушении сжатием в лабораторных условиях (модель крипа) – 0,7 мВ/мин, а при взрывной обработке – 4 мВ/мин. Таким образом, кинетические показатели механоактивации вещества породы с зеркал скольжения с остеклованной поверхностью, указывающей на сейсмогенные смещения далекого геологического прошлого в зоне разлома, на порядок выше, чем при взрыве и почти на 2 порядка выше, чем при квазистатическом нагружении (режим крипа) в лабораторном эксперименте.

Проведенное исследование показало полезность полученной информации о механоактивационных параметрах продуктов сейсмогенного разрушения пород для изучения очагов древних землетрясений в аспекте разделения обнаруженных разрывных нарушений на сейсмоактивные и асейсмичные.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ружич В.В. Современная сейсмотектоническая деструкция земной коры Байкальской рифтовой зоны и ее прогнозирование. Автореф. дисс... докт. геол.-мин. наук. – Иркутск.: 1996. – 43 с.
2. Ружич В.В. Физико-механические условия формирования зеркал скольжения в зонах разломов // Геология и геофизика. – 1989. -№ 11. -С. 39-45.
3. Ружич В.В., Тихонова Г.А., Медведев В.А., Горобец Л.Ж., Стром А.Л. О физико-химическом преобразовании горных пород в зонах сейсмоактивных разломов / Эндогенные процессы в зонах глубинных разломов // Тез. докл. Всес. совещания. –Иркутск. –1989. –С. 17-19.
4. Ружич В.В., Горобец Л.Ж. Некоторые результаты геологического изучения строения палеоочагов землетрясений // Модельные и натурные исследования очагов землетрясений. -М. -1991. -С. 11-16.
5. Ружич В.В., Трусков В.А., Черных Е.Н., Смекалин О.П. Современные движения в зонах разломов Прибайкалья и механизмы их инициирования // Геология и геофизика. –1999. -№ 3. -С. 360-372.
6. Бовенко В.Н., Горобец Л.Ж. Влияние плотности энергии разрушения на механоактивационную способность диспергированных продуктов // ФТПРПИ. –1988. -№ 1. –С. 44-49.
7. Горобец Л.Ж., Юрьевская И.М., Корсаков В.Г., Вдовина Т.Л. Исследование реакционной способности механически активированного кварцевого песка // ЖПХ. –1986. -№ 1. –С. 187-190.
8. Горобец Л.Ж. Изучение фундаментальных закономерностей энергетики измельчения //Збагачення корисних копалин. –1998. -№ 2. –С. 36-43.