

Исследование нанокристаллов в зоне динамической подвижки

Г.А. Соболев, С.М.Кириенкова, Ю.А.Морозов,
А.И.Смутьская

Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта, г. Москва

В.И.Веттегрень, В.Б.Кулик, Р.И.Мамалимов
*Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе, г. С-
Петербург.*

Проведены исследования состава минералов и свойств нанокристаллов в зеркале скольжения, возникшего в результате динамической подвижки в аркозовом песчанике.

В геологии «зеркала скольжения» определяются как гладкие поверхности, образующиеся при взаимном трении скользящих по разрыву пород.

По наличию на них борозд скольжения в сочетании с микроступенчатым ассиметричным профилем поверхности определяется кинематика движения.

Зеркала скольжения образуются при скоростях движения контактирующих блоков свыше 1м/с, а порода на контакте измельчается до наноразмеров.

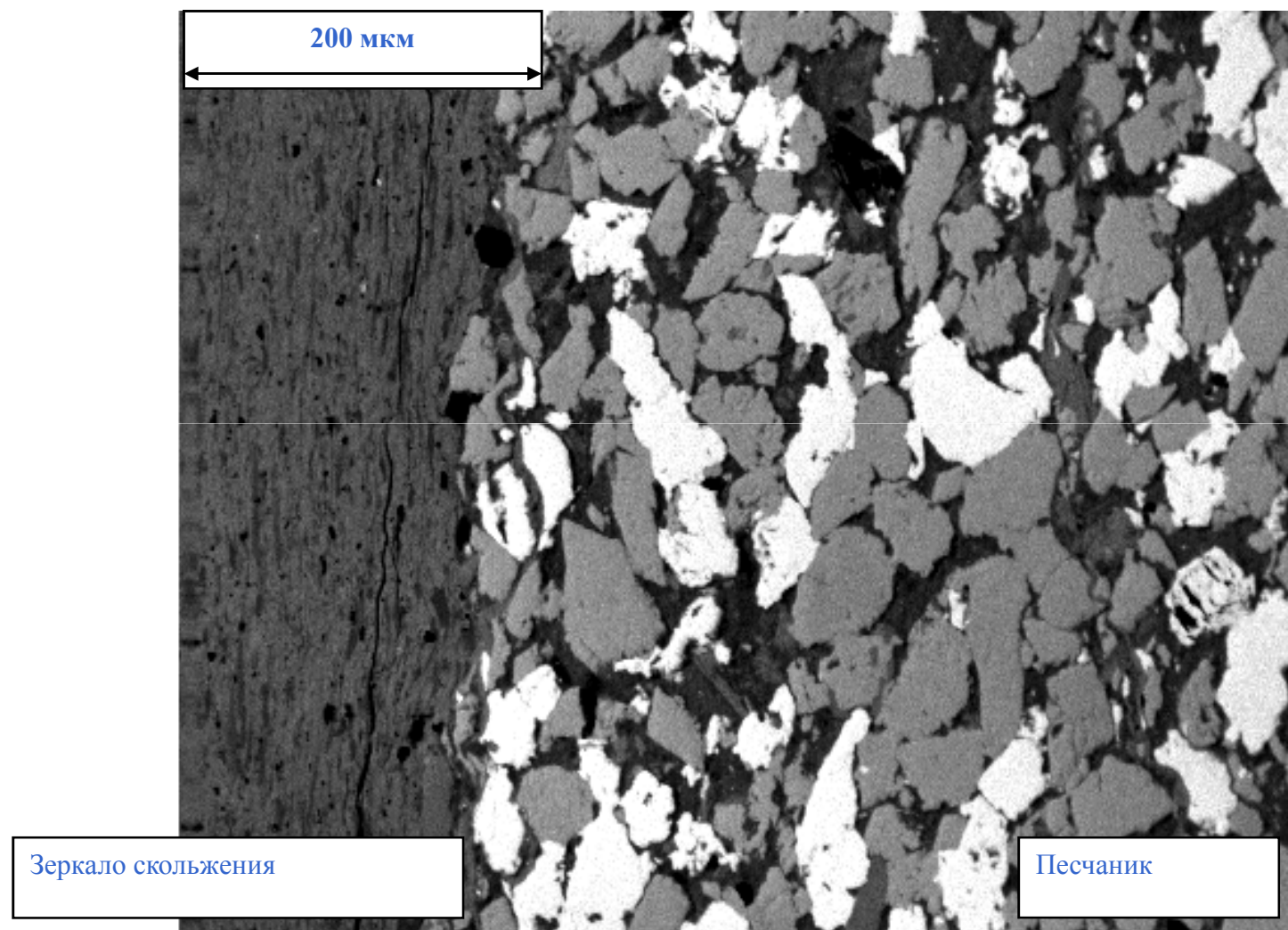
Прямых измерений свойств контакта до настоящей работы, по-видимому, не проводилось.

Изучались метапесчаники поздне протерозойского возраста и терригенно – осадочного комплекса рифея полуострова Средний на северном побережье Кольского полуострова. Множественные зеркала скольжения дискретно рассредоточены там с интервалами 5 -7 см в зоне мощностью первые метры аркозовых и олигомиктовых песчаников и алевролитов.

Судя по данным имеющихся буровых работ, тектоническая природа этих зеркал скольжения не вызывает сомнений.

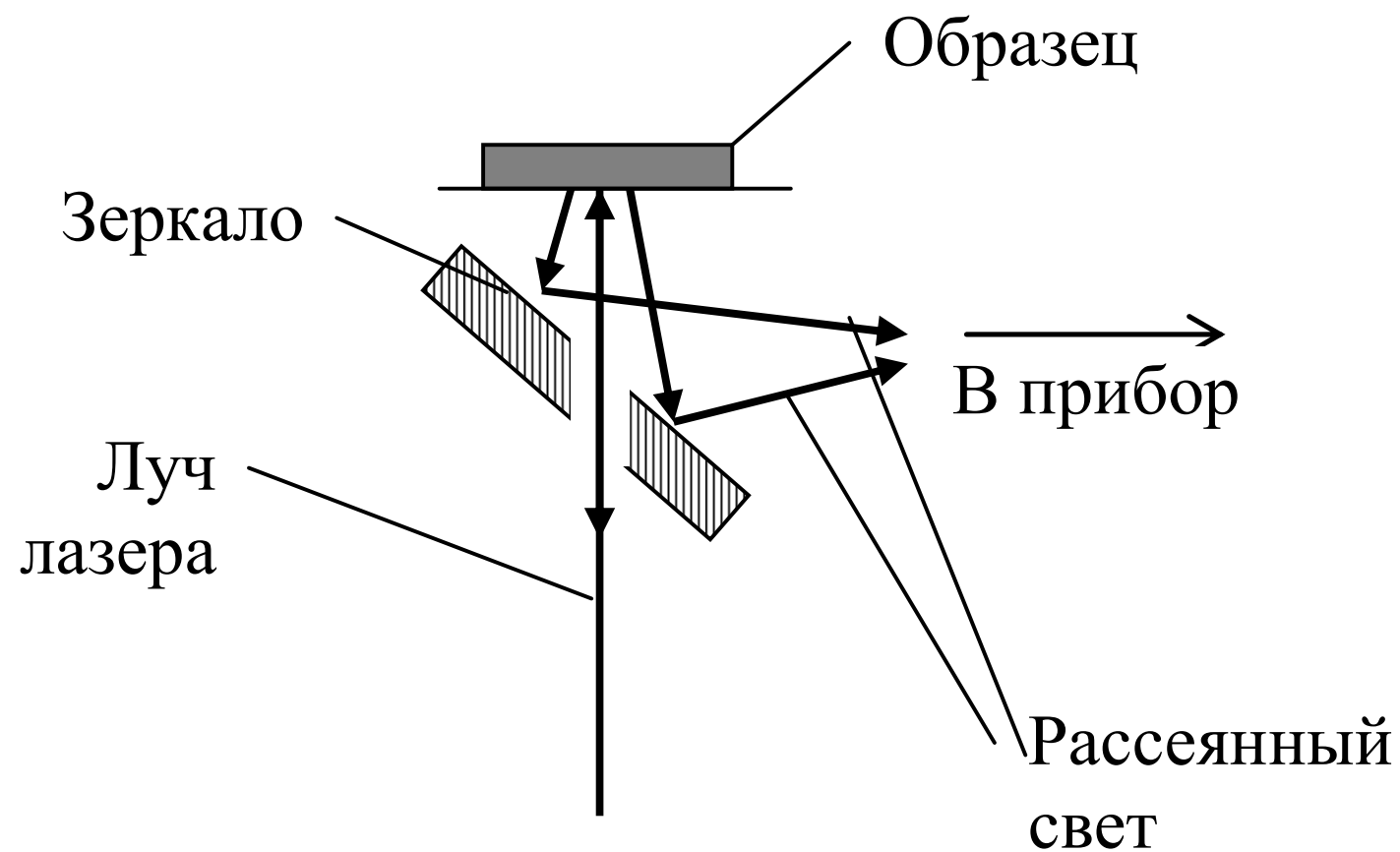
Песчаник состоит на 75% из обломочного материала и на 25% из глинистого цемента. Около 80% обломков составляют зерна кварца и полевых шпатов, 15% - слюд (монтмориillonита), 5% - циркона, рудных минералов и анатаза.

**Электронно-микроскопический снимок поверхности
образца песчаника в лучах кремния**

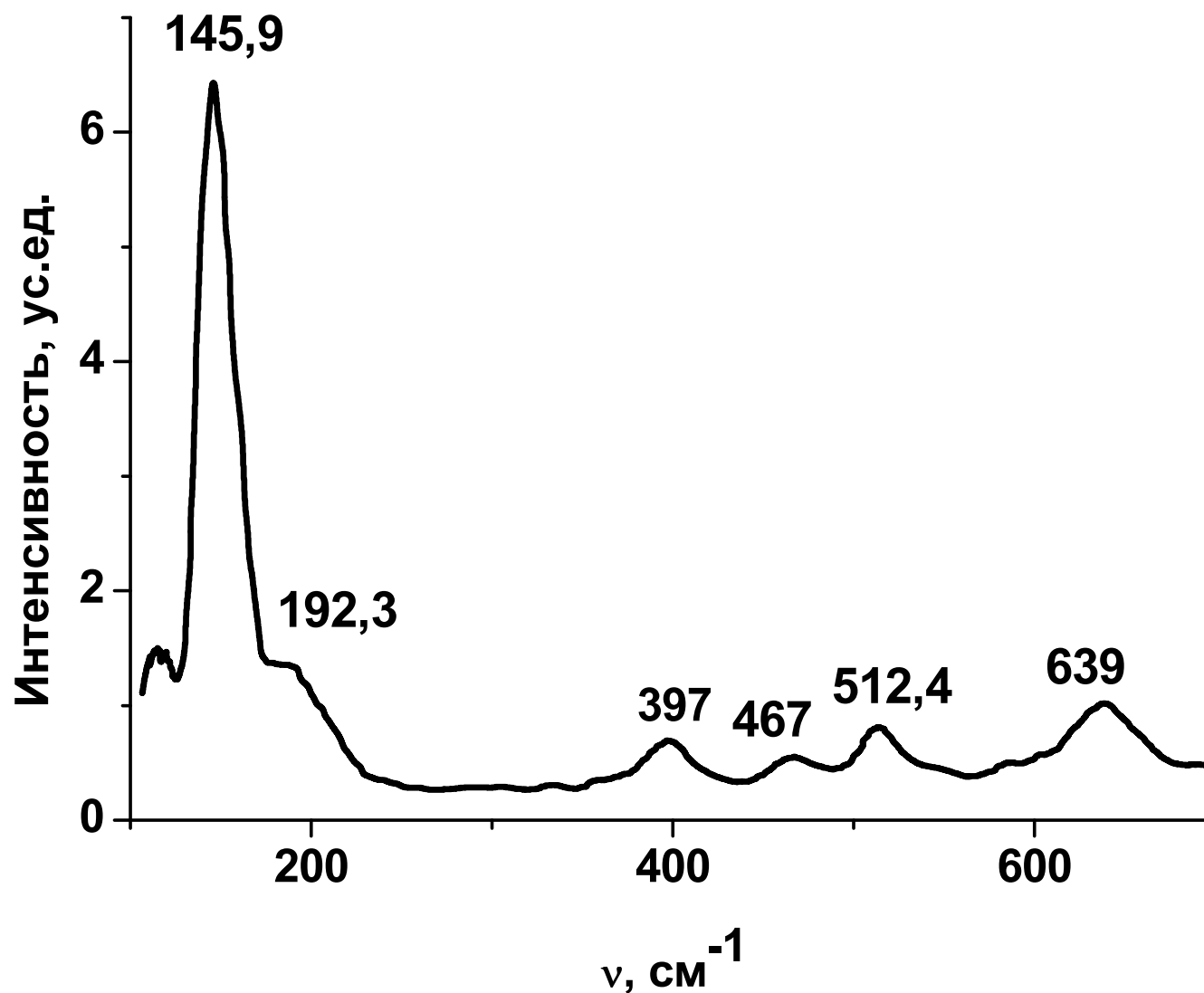


Si Ka1

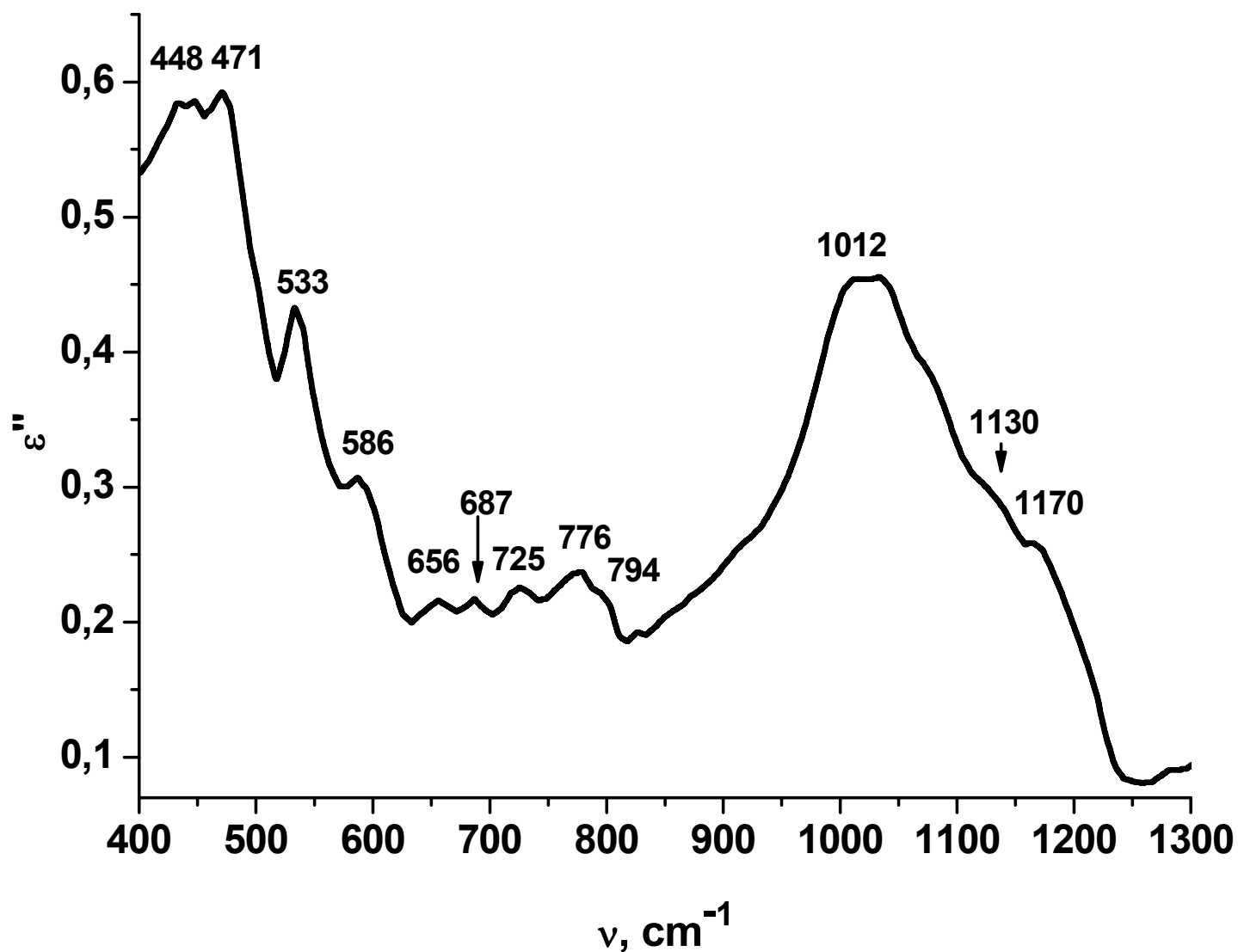
Схема измерений методом рамановской спектроскопии



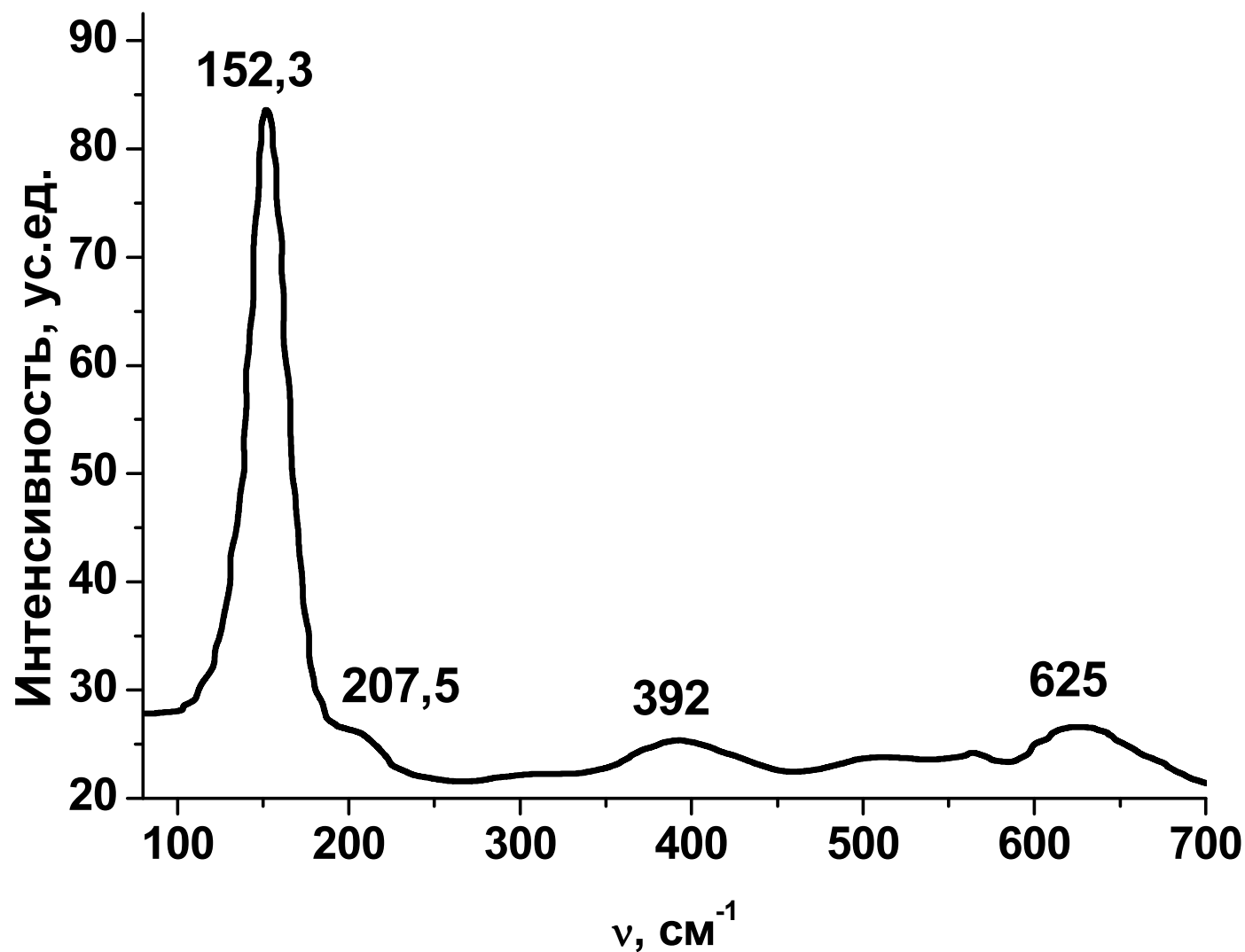
**Рамановский спектр материала в объеме песчаника:
максимумы соответствуют колебаниям в
нанокристаллах кварца, плагиоклаза, анатаза и
других минералов.**



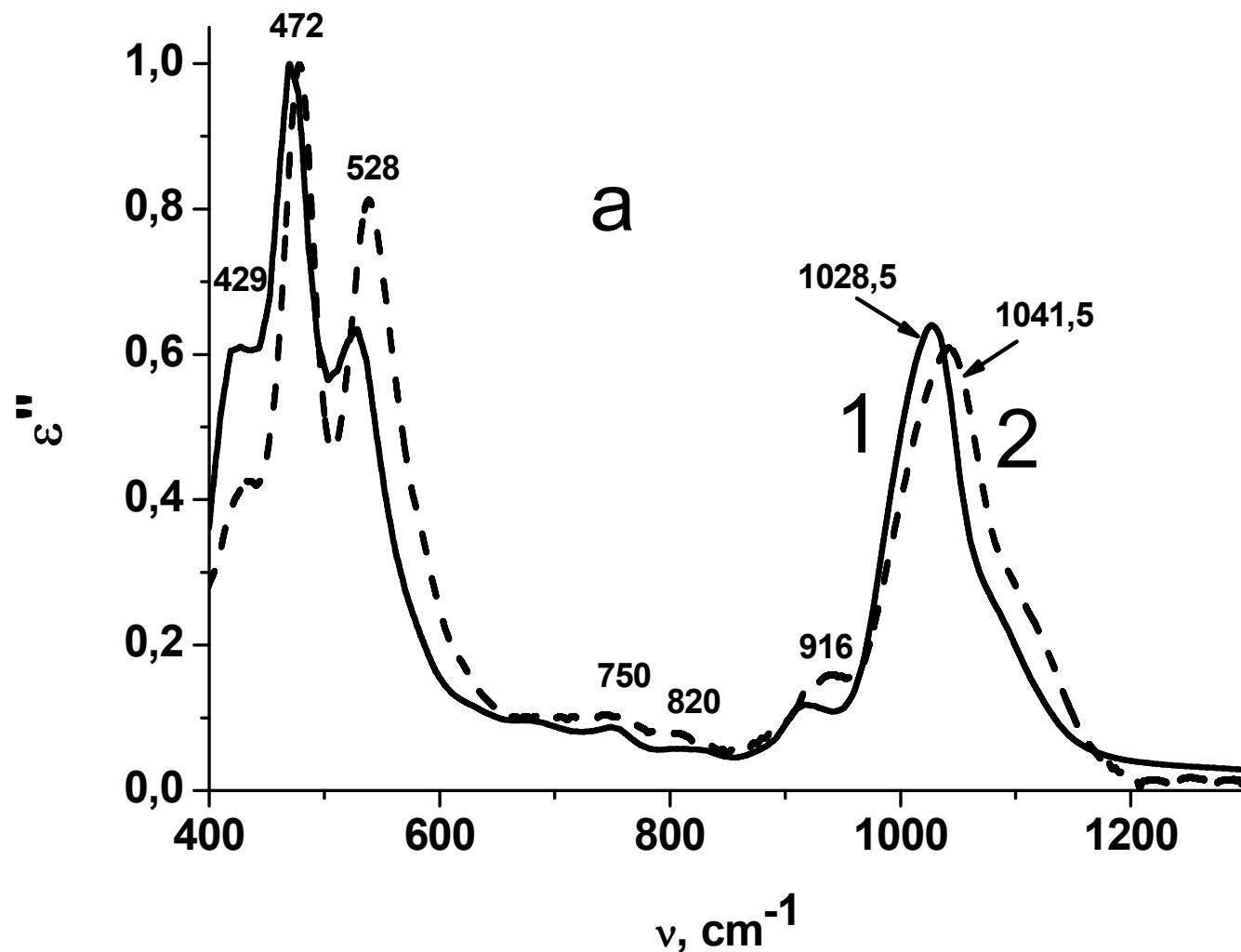
**ИК спектр материала в объеме песчаника: максимумы
соответствуют колебаниям в кварце, нонтроните,
бейделите, монтмориллоните**



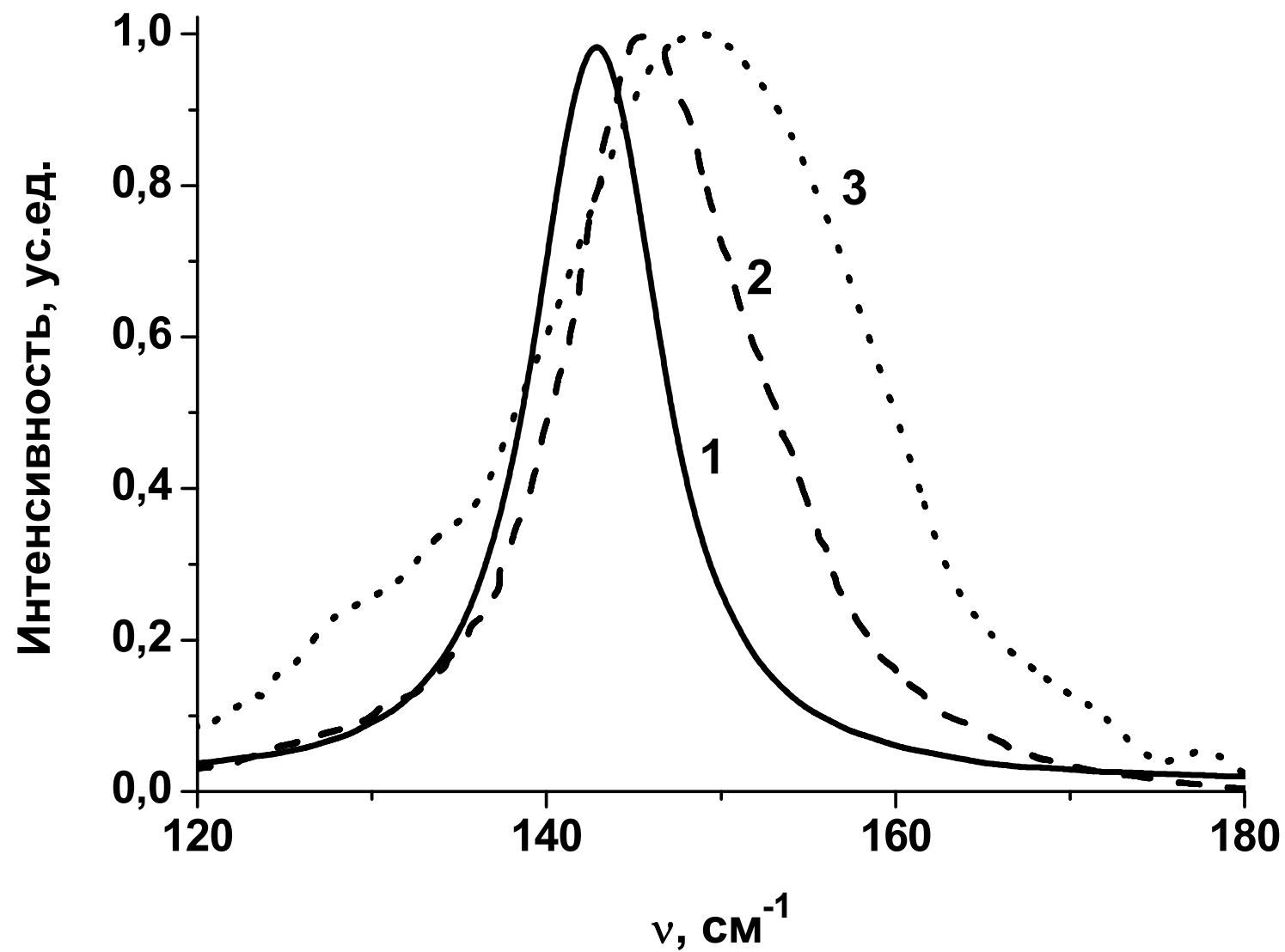
**Рамановский спектр зеркала скольжения: максимумы
соответствуют колебаниям в анатазе**



Спектры ИК излучения в зеркале скольжения(1) и
монтмориillonите (2)



Рамановские спектры анатаза: макрокристалл (1), в
объеме песчаника (2) и в зеркале скольжения (3)



Зависимость размера нанокристалла L от частоты колебаний ν_0 кристаллической решетки

$$I(\nu) \cong \int \frac{|C(0, q)|^2 d^3 q}{(\nu_0 - \nu(q))^2 + (\Gamma_0/2)^2}$$

$$C(q_0, q) = \frac{1}{(2\pi)^3} \int \Psi'(q_0, r) \exp(-i q_0 r) d^3 r$$

$$|C(0, q)|^2 = \exp\left(-\frac{q^2 L^2}{16\pi^2}\right)$$

Зависимость частоты колебаний ν кристаллической решетки от размера кристаллической решетки d и гидростатического давления P

$$\nu(q) = \nu_0 \pm \Delta \cdot [1 - \cos(\Delta d)]$$

$$\frac{\Delta \nu}{\nu_0} = -G \frac{\Delta V}{V}$$

$$\Delta \nu = -G \frac{\nu}{E} P = \alpha P$$

Размеры нанокристаллов

Анатаз: в объеме образца ≈ 8 нм;
в зеркале скольжения ≈ 3 нм.

Монтмориллонит:
в зеркале скольжения ≈ 13 нм

Искажения кристаллической решетки в нанокристаллах по сравнению с макрокристаллами

Анатаз: в объеме образца $\varepsilon \approx 0.03\%$ (сжатие)
в зеркале скольжения $\varepsilon \approx 0.12\%$ (сжатие)

Монтмориллонит:
в зеркале скольжения $\varepsilon \approx 2.5\%$ (растяжение)

**Удивительным фактом является отсутствие кварца в
зеркале скольжения**

**Предложен механизм преобразования вещества и
образования монтмориillonита в зеркале скольжения**

**При взаимном движении блоков на контакте
материал разрушается. В основе механизма
разрушения твердых тел лежит процесс накопления
разрывов химических связей. В силикатных
материалах разрываются Si—O—Si связи и после их
разрыва образуются свободные ион-радикалы SiO* и
центры Si. Особую роль в этом процессе играет вода:
в ее присутствии энергия активации разрыва Si—O—Si
связей уменьшается с 4 до ≈ 1 эВ. Ион-радикалы SiO*
и центры Si: вступают во взаимодействие с
молекулами воды и образуют SiOH связи.**

Вероятно, наиболее устойчивым минералом в этих условиях является монтмориillonит, состоящий из трехслойных алюмокремнекислородных пакетов с продольными размерами ≈ 13 нм и воды между ними.

Создаются благоприятные условия для формирования этого минерала при сравнительно низкой температуре - не выше 100°C и давлениях - не более $1 - 2$ ГПа.

Величина коэффициента трения на контакте при этом уменьшается примерно в 10 раз, что способствует возникновению динамической подвижки и появлению характерных борозд, регистрируемых в зеркалах скольжения.

Спасибо за внимание

**ИК спектр в зеркале скольжения (1) и в
монтмориллоните (2)**

