

Р. В. ТЕДЕЕВ, Е. И. БАЮК, М. И. ВОЛАРОВИЧ, Ф. М. ЛЕВИТОВА

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА АНИЗОТРОПИЮ СКОРОСТИ ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛН В ГОРНЫХ ПОРОДАХ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ

(Представлено академиком М. А. Садовским 15 VI 1972)

Исследование анизотропии скоростей упругих волн имеет важное значение как при интерпретации полевых сейсмических наблюдений (¹⁻⁴), так и при рассмотрении напряженного состояния массивов горных пород (^{5, 6}). Определение коэффициента анизотропии скорости в образцах гор-

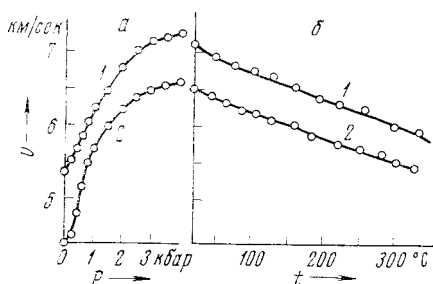


Рис. 1. Зависимость скорости продольных волн в образцах двупироксен-амфиболового сланца 3618 от давления (а) и температуры (б): 1 — вдоль слоистости, 2 — перпендикулярно слоистости

ных пород показало, что он может быть довольно большим при атмосферном давлении и, как правило, уменьшается с повышением давления (^{3, 7, 8}). Однако до сих пор не было известно, какое влияние оказывает повышение температуры на коэффициент анизотропии скорости.

В настоящей статье рассматривается изменение анизотропии скорости продольных волн в некоторых сланцах, гнейсах и эклогитах при воздействии высокого давления до 4 кбар и температуры до 300–350°.

Аппаратура высокого давления была описана в работах (^{3, 9}), а приспособление для опытов при высоких температурах в (¹⁰). Применялась следующая методика: вначале образец горной породы испытывался в условиях повышения всестороннего давления до 4 кбар при комнатной температуре, затем при постоянном давлении 3–4 кбар производилось постепенное повышение температуры до 300–350°. Из каждой горной породы вырезались образцы вдоль слоистости и перпендикулярно слоистости. Для эклогита не было замечено какой-либо слоистости, поэтому образцы вырезались произвольно в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Получены зависимости скорости продольных волн от давления при постоянной (комнатной) температуре и зависимости скорости от температуры при постоянном высоком давлении. Пример таких кривых приведен на рис. 1 для образцов двупироксен-амфиболового сланца 3618. Из графиков видно, что в образце 1 скорость выше, чем в образце 2, как при атмосферном, так и при высоком давлении. Такая картина получена и для других пород; исключение составляет гиперстен-биотитовый гнейс 3622, для которого при атмосферном давлении отмечена более высокая скорость в образце 2, но уже при небольшом повышении давления закономерность восстановилась. Подобное явление наблюдалось и прежде (⁶). В образце 1 обычно происходило меньшее возрастание скорости под действием давления, чем в образце 2. В приведенном случае (рис. 1) увеличение скорости от атмосферного давления до 4 кбар составляет 33% для образца 1 и 50% для образца 2.

Зависимость скорости продольных волн от температуры близка к линейной, и графики для образцов, вырезанных вдоль слоистости и перпендикулярно слоистости, представлены почти параллельными линиями. Температурный коэффициент скорости $\frac{1}{v_0} \frac{\partial v}{\partial t}$ для кристаллических сланцев и гнейсов составляет $(30-50) \cdot 10^{-5}$ град $^{-1}$. Для некоторых образцов при температуре выше 200° наблюдалось резкое понижение скорости. Это объясняется интенсивным образованием трещин в образце, которое не может сдерживать даже высокое давление 3—4 кбар. Предрасположение к образованию трещин чаще имеют образцы с пониженными начальными

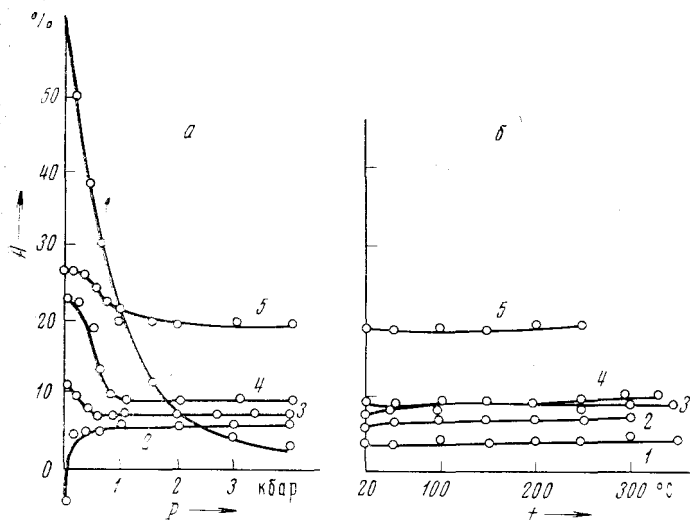


Рис. 2. Зависимость коэффициента анизотропии скорости продольных волн от давления (а) и температуры (б) в образцах: 1 — эклогит, 2 — гиперстен-биотитовый гнейс 3622, 3 — биотитовый гнейс 3615, 4 — двушпроксен-амфиболовый сланец 3618, 5 — гранат-амфибол-двушпроксеновый сланец 3619

скоростями, не соответствующими их минеральному составу, т. е. первоначально микротрещиноватые. Под влиянием давления микротрещины в них залечиваются, но при высоких температурах они раскрываются или образуются вновь.

На основании полученных результатов оказалось возможным вычислить коэффициенты анизотропии скорости продольных волн $A = (v_1 - v_2) / v_2$ и проследить их изменение в зависимости от условий опыта. На рис. 2 приведены графики коэффициентов анизотропии скорости в зависимости от давления и температуры. Как и можно было ожидать, анизотропия скорости уменьшается с увеличением давления, оставаясь почти постоянной в интервале давлений от 1—1,5 до 4 кбар. Только для сильно трещиноватых пород стабилизация коэффициента анизотропии скорости происходит при большем давлении. Так, например, эклогит с плотностью 3,41 г/см 3 имеет очень низкую скорость продольных волн при атмосферном давлении, а при давлении 4 кбар скорость достигает 7,7—7,9 км/сек и обнаруживает тенденцию к дальнейшему возрастанию, особенно для образца 2. Это указывает на то, что эклогит обладает трещинной пористостью, которая не ликвидируется даже при давлении 4 кбар.

При воздействии температуры до 300—350° в условиях высокого давления не наблюдалось систематического изменения коэффициента анизотропии скорости продольных волн для исследуемых горных пород. Величина коэффициентов анизотропии скорости иногда несколько изменялась

в пределах 2—5%. Таким образом, можно считать, что температура практически не оказывает влияния на анизотропию скорости продольных волн в кристаллических сланцах и гнейсах, если породы подвергнуты действию давления в несколько килобар.

Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта
Академии наук СССР
Москва

Поступило
9 VI 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ И. А. Резанов, Н. Е. Галдин, Изв. АН СССР, сер. геол., № 4, 40 (1967).
² А. А. Лукк, И. Л. Нерсесов, ДАН, 162, № 3, 559 (1965). ³ М. П. Воларович, Сборн. Проблемы механики горных пород. Алма-Ата, «Наука», 1966, стр. 97.
⁴ А. М. Епигатьева, М. В. Невский и др., Изв. АН СССР, сер. Физика Земли, № 4, 37 (1972). ⁵ О. И. Силаева, Сборн. Физико-механические свойства горных пород верхней части земной коры, М., 1968, стр. 152. ⁶ О. И. Силаева, Е. И. Баюк, Изв. АН СССР, сер. Физика Земли, № 12, 22 (1967). ⁷ Н. Е. Галдин, Тр. Инст. физики Земли АН СССР, № 37, 98 (1966). ⁸ Л. И. Звягинцев, Е. И. Баюк, Изв. АН СССР, сер. геол., № 3, 65 (1969). ⁹ М. П. Воларович, Д. Б. Балашев, Изв. АН СССР, сер. геофиз., № 23, 319 (1957). ¹⁰ Е. И. Баюк, Р. В. Тедеев, Сборн. Физические свойства горных пород при высоких термодинамических параметрах, Киев, 1973, стр. 7.