

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 550.344.094.7:624.131.253

Г. М. АВЧЯН, А. О. МИКАЕЛЯН

О ВЛИЯНИИ ХАРАКТЕРА ИЗМЕНЕНИЯ ПОРОВОГО ДАВЛЕНИЯ НА ПОВЕДЕНИЕ СКОРОСТИ P -ВОЛН

В настоящей работе представлены результаты исследования влияния циклического и монотонного изменения контролируемого порового давления со стороны насыщающих флюидов на характер поведения скорости P -волн (V_p) в известняках из района Ингури ГЭС в условиях всестороннего давления. Эксперименты проводились с целью изучения на уровне лабораторного эксперимента поведения V_p в процессе изменения порового давления под действием различных тектонических и техногенных факторов. Подобные вариации, как следует из гипотезы ДД [2], могут иметь место при подготовке и реализации землетрясений в районах строительства гидротехнических сооружений.

Принимая во внимание то обстоятельство, что в природе вариации порового давления, подобно многим естественным процессам, происходят циклами, а также имеющие место циклические изменения уровня воды в водохранилищах и скважинах, в проведенных опытах в большинстве случаев поровое давление изменялось циклически.

Эксперименты проводились на установке высокого давления УФС-1 РО-ВНИИ геофизики. Образцы насыщались 2Н раствором NaCl. Эксперименты с циклическими вариациями порового давления (P_i) проводились как при постоянном, так и при возрастающем всестороннем давлении (P_n). В некоторых случаях наряду со скоростью P -волн (V_p), регистрировалось и удельное электросопротивление (ρ)

На рис. 1 представлены результаты нескольких экспериментов, проведенных при возрастающем всестороннем давлении. При этом на каждом фиксированном уровне P_n (200 бар, 300 бар, 500 бар...1500 бар) поровое давление каждый раз доводилось до уровня всестороннего и сбрасывалось до нуля. Кривые 1 и 2—это кривые V_p , полученные для образцов, выпиленных в направлении максимальной скорости распространения P -волн в блоке (кривая 1—для образца с коэффициентом пористости 1.1%, кривая 2—для образца с коэффициентом пористости 5.5%). Кривая 3—это кривая V_p для образца с коэффициентом пористости 3%, выпиленного из того же блока породы, но в направлении минимальной скорости распространения P -волн. Кривая 4—это график $\Delta P = P_n - P_i$.

Для экспериментов, проведенных как при возрастающем, так и при постоянном P_n , наблюдаются в общем аналогичные закономерности. Укажем их:

1. Между поровым давлением P_i и V_p отмечается обратная корреляция.

2. Циклические вариации P_i приводят к увеличению V_p и ρ как при постоянном, так и при возрастающем всестороннем сжатии.

3. В конце каждого цикла P_i отмечается увеличение V_p и ρ по сравнению со значениями до начала цикла.

4. В образцах, выпиленных по направлению максимальной скорости P -волн в блоке, наблюдаются более резкие вариации V_p (до 5—7%) по сравнению с образцами, выпиленными по направлению минимальной скорости P -волн (1—3%).

5. Величина коэффициента пористости в пределах 1—7% не оказывает влияния на амплитуду и характер изменения V_p во время циклов P_i . Увеличение абсолютных значений P_n и P_i , наблюдаемое как в конце каждого цикла P_i , так и в процессе всего эксперимента, свидетельствует о постепенном уплотнении породы.

Под уплотнением насыщенной породы в диапазоне рассматриваемых напряжений мы понимаем уменьшение числа и размеров открытых и изолированных пустот (заполненных или не заполненных жидкостью) и увеличение эффективного напряжения между зернами. Рассмотрим один из возможных механизмов этого явления.

При циклическом изменении P_i жидкость проникает в открытые пустоты и выдавливается из них. Во время первоначального увеличения P_n часть пустот, насыщенных флюидами, может гидродинамически изолироваться от окружающей открытой системы. О наличии подобных гидродинамически изолированных объемов в насыщенных породах косвенным образом можно судить по результатам исследований, проведенных на образцах после окончания экспериментов. Лабораторный анализ показывает, что у насыщенных образцов, побывавших в условиях всестороннего давления, отмечается некоторое увеличение скорости P -волн (до 2—3%). Разрушение этих гидродинамически изолированных областей под действием неравнозначного влияния порового давления на нормальную и тангенциальную компоненты внешнего дав-

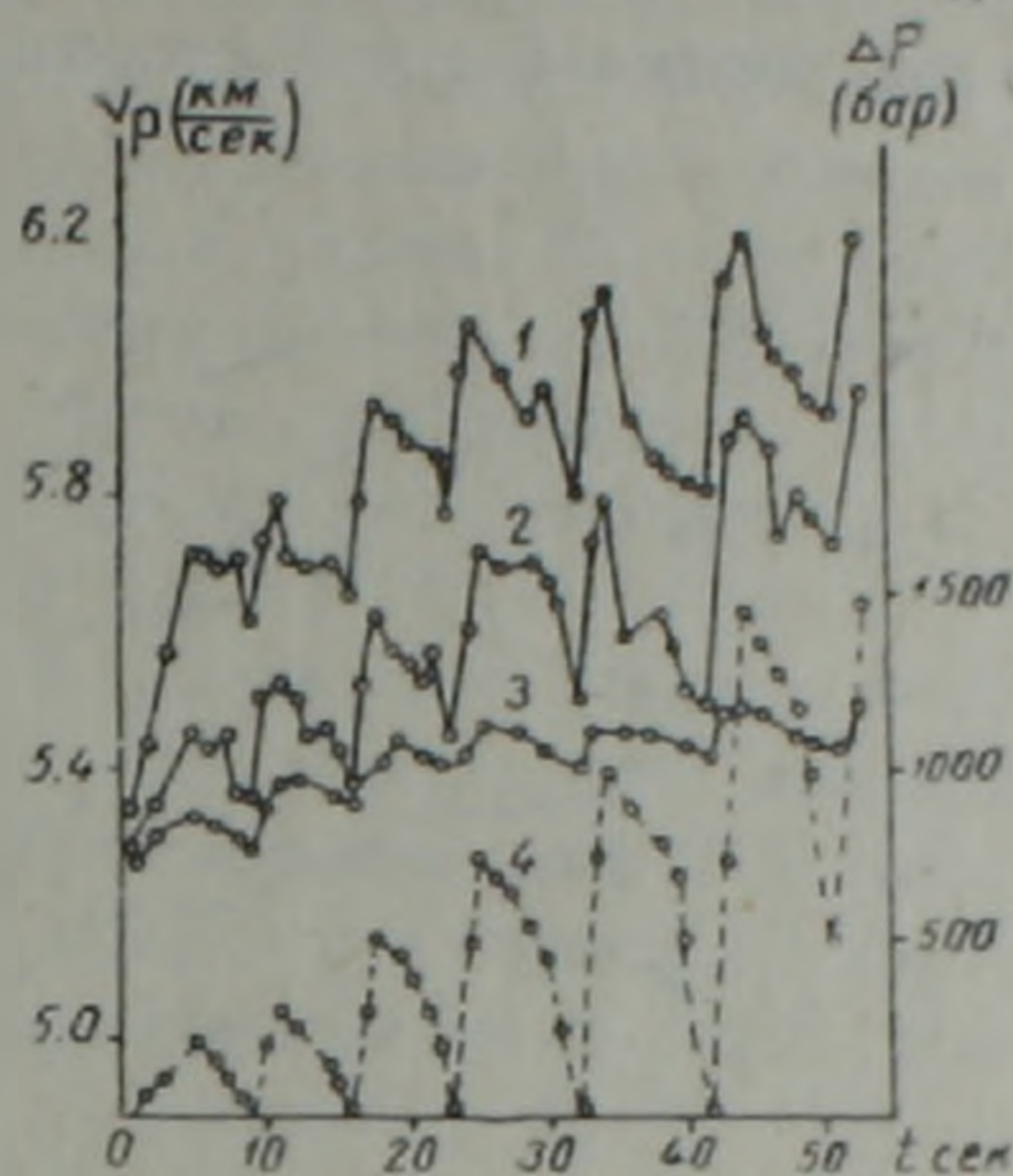


Рис. 1. График зависимости скорости P -волн (V_p) от циклических вариаций порового давления (P_i) на разных ступенях возрастающего всестороннего сжатия (P_n).

1, 2, 3 — кривые V_p .

4 — кривая $\Delta P = P_n - P_i$.

ления [3] может привести к замыканию трещин, из которых выдавливается жидкость, и дополнительному уплотнению породы в конце каждого цикла P_i . Прорывы этих участков могут иметь место в результате циклического изменения порового давления вследствие возвратно-поступательного движения структурных дефектов и активизации их взаимного воздействия. С другой стороны, одной из причин увеличения V_p может

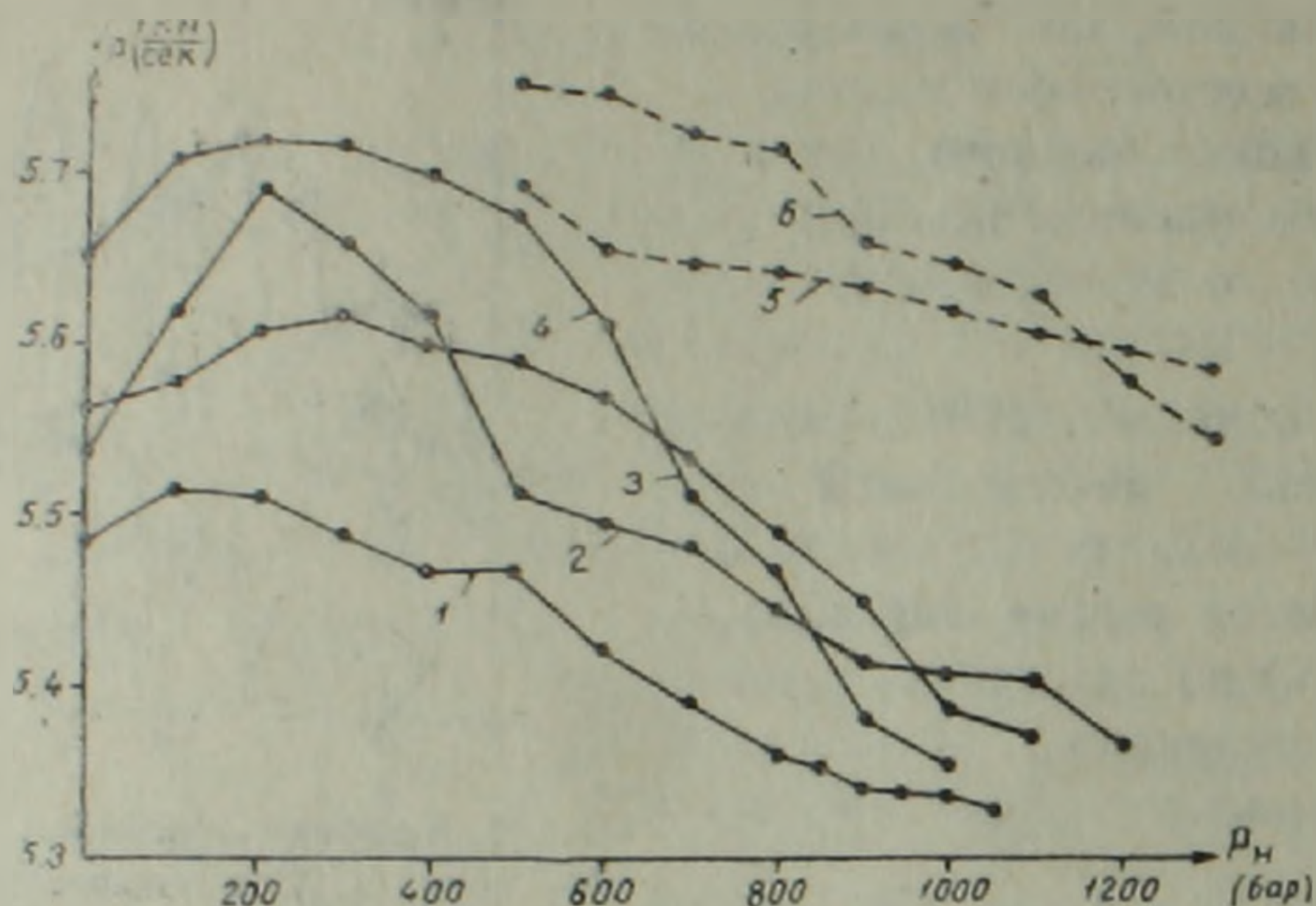


Рис. 2. График зависимости скорости P -волн (V_p) от монотонного изменения порового давления (P_i)

1, 2, 3, 4—кривые V_p при $\Delta P = P_n - P_i = 0$.

5, 6—кривые V_p при $\Delta P = P_n - P_i = 500$ бар.

быть заполнение жидкостью ранее изолированных сухих пустот в породе, а также ее последующее выдавливание. С этим явлением, по-видимому, связаны локальные максимумы V_p , наблюдаемые во время увеличения P_i в начале и середине опытов.

Эксперименты с монотонным изменением проводились при одинаковом повышении всестороннего и порового давлений с постоянной разницей между ними. На рис. 2 представлены графики зависимости V_p от P_i . Сплошные линии (кривые 1, 2, 3, 4) представляют V_p , построенные для $\Delta P = 0$, в то время как пунктирные линии (кривые 5, 6) соединяют точки V_p при $\Delta P = 500$ бар.

Из графиков видно, что во всех случаях на первых этапах опытов отмечается небольшое увеличение V_p , которое затем сменяется понижением, причем для кривых V_p при $\Delta P = 0$ это понижение более резкое (3—6%), чем у кривых V_p при $\Delta P = 500$ бар (1,5—3%). Понижение V_p свидетельствует о некотором разуплотнении породы при монотонном изменении P_i , а также об увеличении активности разуплотняющего влияния P_i при его относительно высоких значениях (для небольших ΔP). Лабораторный анализ, проведенный на образцах в конце опытов, не показал значительного изменения V_p при атмосферном давлении (до и после эксперимента).

Таким образом, полученные результаты приводят к следующему основному выводу: циклические вариации порового давления в условиях всестороннего сжатия сопровождаются постепенным уплотнением породы, а его монотонные изменения — разуплотнением, хотя это разуплотнение и не вызывает разрушения породы. Полученные результаты могут быть учтены при строительстве гидротехнических сооружений. В тех регионах, где действие девиатора в поле напряжений незначительное, циклические вариации уровня водохранилища и связанного с ним порового давления, могут привести к уплотнению окружающих пород, а также к прорывам гидродинамических аномалий [1]. При этом значительную роль в этих процессах играет, по-видимому, не сама пористость или трещиноватость (в рассматриваемом диапазоне), а общая направленность дефектов.

Из сказанного следует, что поровое давление в квазиоднородном поле напряжений (при отсутствии или незначительности девиатора) не в состоянии самостоятельно вызывать значительные сейсмические события, а его циклические изменения даже могут привести к уплотнению среды, о чем свидетельствуют проведенные нами исследования.

Ереванский государственный
университет,
Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 23.XI 1981.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Киссин И. Г. Динамика уровней подземных вод при создании крупных водохранилищ как индикатор возбужденных землетрясений. В сб.: Влияние сейсмической деятельности на сейсмический режим. М., «Наука», 1977.
2. Мячкин В. И. Процессы подготовки землетрясений. М., «Наука», 1979.
3. Ферхуген Дж., Тернер Ф. и др. Введение в общую геологию. М., «Мир», 1974.