

УДК. 550.3:525.2

А. Т. АСЛАНЯН, А. В. АРУТЮНЯН

## ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГИХ СВОЙСТВ, ПЛОТНОСТИ И СЖИМАЕМОСТИ УЛЬТРАМАФИТОВ ОФИОЛИТОВЫХ ПОЯСОВ АРМЕНИИ

Сравнение упругих свойств, плотности и сжимаемости ультрамафитовых пород в нормальных условиях и при высоких давлениях дает важную информацию для понимания структуры и вещественного состава нижних слоев земной коры и верхней мантии. Авторами детально исследовались ультрамафиты из Севанского и Вединского мезозойских офиолитовых поясов Армении. Результаты исследований частично были опубликованы [1, 4]. Эти исследования показали, что плотность ультрамафитов и их серпентинизированных разностей при нормальном давлении варьирует в очень широких пределах—от 1,8 до 3,19 г/см<sup>3</sup>. Это объясняется тем, что данные породы, как правило, подвержены процессам серпентинизации, притом в различной степени обуславливающей разброс плотностей. Интенсивность серпентинизации может быть самой различной, от долей процента до 40—45% и более, т. е. до полного преобразования породы в серпентинит, который резко отличается по структуре и плотности, а также по упругим характеристикам от нормальных ультрамафитов. Пористость для ультрамафитов в среднем составляет 1,5—3,5%, коэффициент Пуассона—0,24-0,35 (нередко 0,4).

Корреляционная зависимость плотности и скоростей упругих волн показана на рис. 1, где видно, что исследованные породы группируются в две области: для первой с увеличением плотности пород скорости возрастают, во второй же области незначительным вариациям плотности соответствуют большие вариации скоростей упругих волн. Разброс физических точек при атмосферном давлении довольно велик; с увеличением давления этот разброс уменьшается. Коэффициент корреляции составляет при атмосферном давлении  $\div 0,62$ , при 5 кб  $\div 0,92$ , а при 15 кб  $\div 0,94$ .

Исследования при высоких давлениях показали, что скорости упругих волн в ультрамафитах наиболее высокие. Из графиков на рис. 2—4 отчетливо видны две резко отличающиеся друг от друга области значений скоростей продольных и поперечных волн в функции от давления. Следует отметить, что и по поперечным, и по продольным волнам в одну и ту же область на графиках попадают одни и те же образцы пород. При повышении давления скорости для большинства образцов монотонно возрастают и при давлении 15 кб (что соответствует в земной коре глубинам 50—55 км) составляют в среднем для продольных волн первой группы пород 7,85 км/сек, а для второй группы 6,5 км/сек. Увеличение скорости в интервале давлений 0—20 кб составило в первой группе

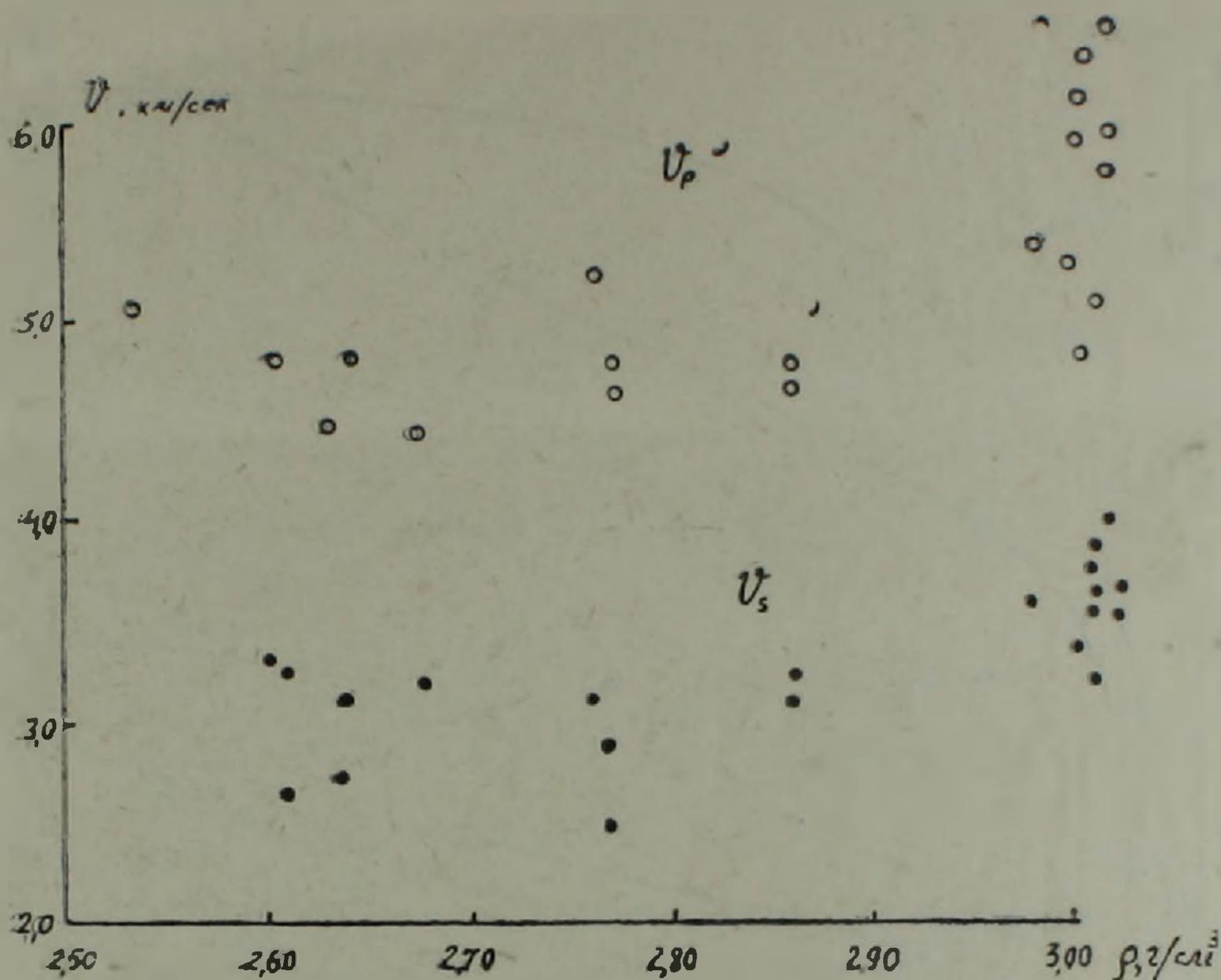


Рис. 1. Изменение скоростей продольных и поперечных упругих волн от плотности при атмосферном давлении в ультрамафитах.

4—5%, а во второй группе 7—8%. Для образцов 1071 и 38—17 скорости продольных волн при давлении 15 кб достигают 8,45 км/сек, что обусловлено, очевидно, наличием в породе большого количества граната (до 60%) и, наоборот, слабой ее серпентинизацией. Низкие значения получены для наиболее серпентинизированных и пористых пород второй группы. В большинстве образцов пород первой группы и в некоторых образцах второй группы в начальной области давлений 2—4 кб наблюдается снижение скорости, которое придает кривым волнистый характер. Такое поведение кривых  $V_p = f(p)$  связывается с присутствием серпентина, в основном тогда, когда серпентин представлен антигоритом. Подобное явление было обнаружено для антигоритовых серпентинитов Воронежского кристаллического массива [5]. Указанное явление объясняется обычно наличием в породе пластически деформированного серпентина-антигорита, обуславливающим перераспределение напряжений в самой породе. При наших исследованиях волнистость наблюдалась не только в антигоритсодержащих породах, и мы склонны думать, что это явление связано не только с особенностями минерального состава и поведения отдельных минералов при повышении давления, но и со спецификой структуры породы.

Волнистость наблюдалась нами также на кривых зависимости поперечных волн от давления в том же интервале давлений, причем, наблюдается хорошее соответствие для кривых  $V_p = f(p)$  и  $V_s = f(p)$ .

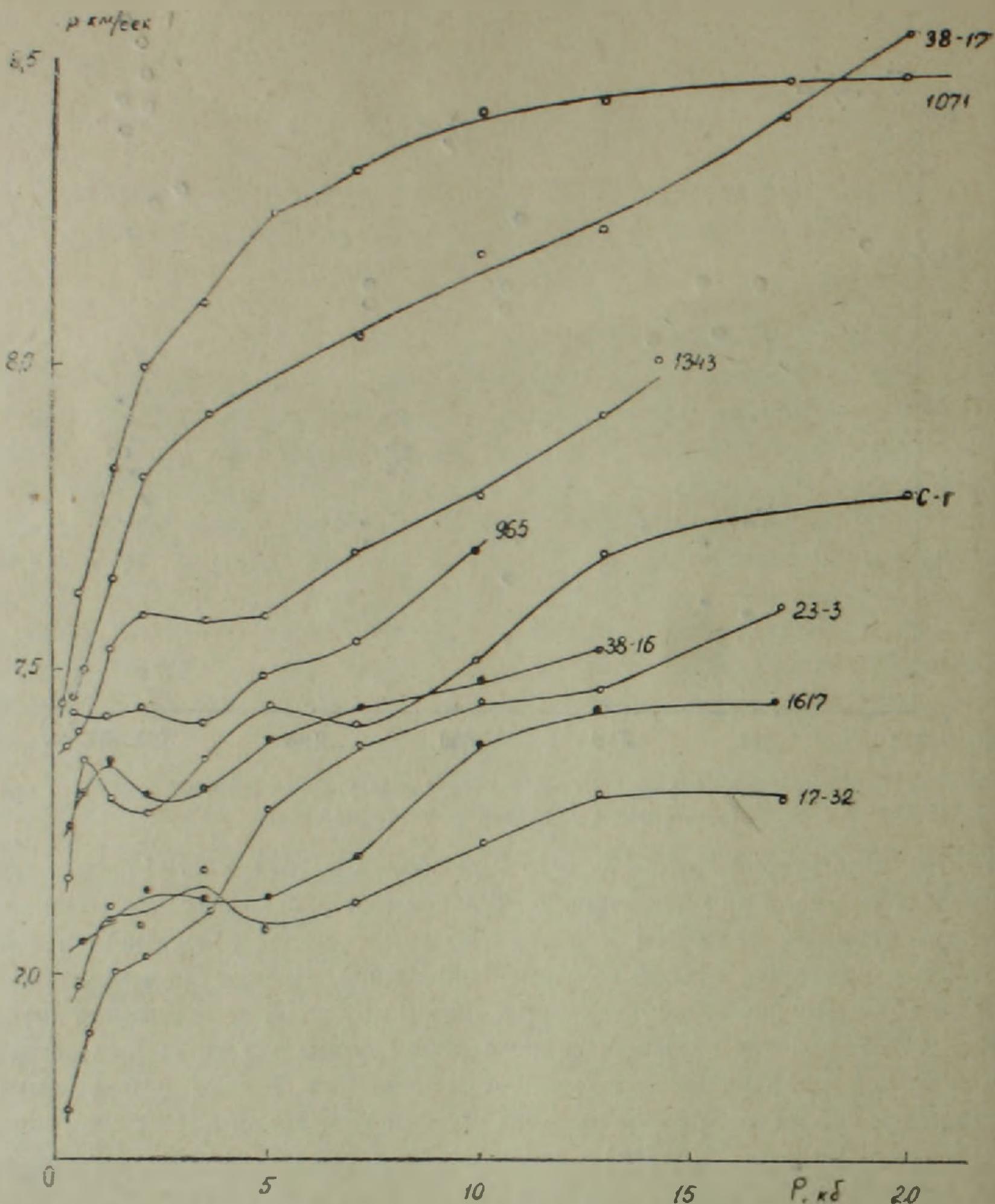


Рис. 2. Зависимость скорости продольных волн от давления в ультрамафитах I группы.

Средний прирост скорости продольных волн с повышением давления в интервале давлений 5—15 кб для первой группы составляет 22—25 м/сек. кб, а для второй группы—25—36 м/сек. кб. Возрастание скорости с повышением давления для поперечных волн несколько меньше, чем для продольных волн.

Сопоставляя полученные нами области для ультрамафитов с данными авторов работ по Кольскому полуострову [6 и др.], Воронежскому кристаллическому массиву [3, 5] и Камчатке [9], можно отметить, что первая область, где развиты весьма слабо серпентинизированные ультрамафиты, занимают среднее положение между областями  $V_p = f(p)$

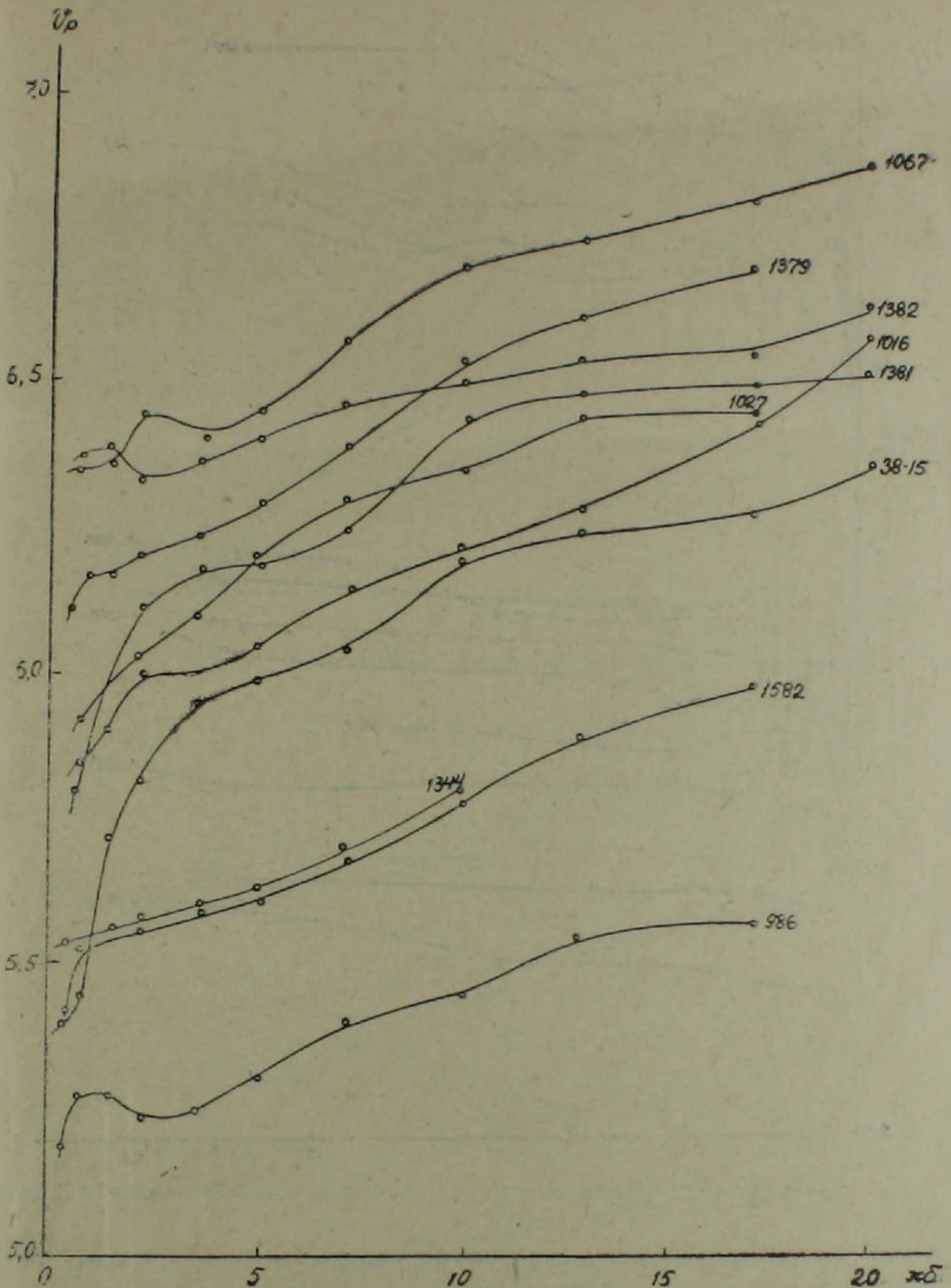


Рис. 3. Зависимость скорости продольных волн от давления в ультрамафитах II группы.

для пород Кольского полуострова и Камчатки и частично заходит в область пород Воронежского кристаллического массива. В первую область попадают также ультрамафиты Центрального Казахстана [7 и др.]. Во вторую область, в которую, согласно нашим данным, группируются более серпентинизированные образцы, попадают серпентинизированные образцы Воронежского кристаллического массива. В целом в этой облас-

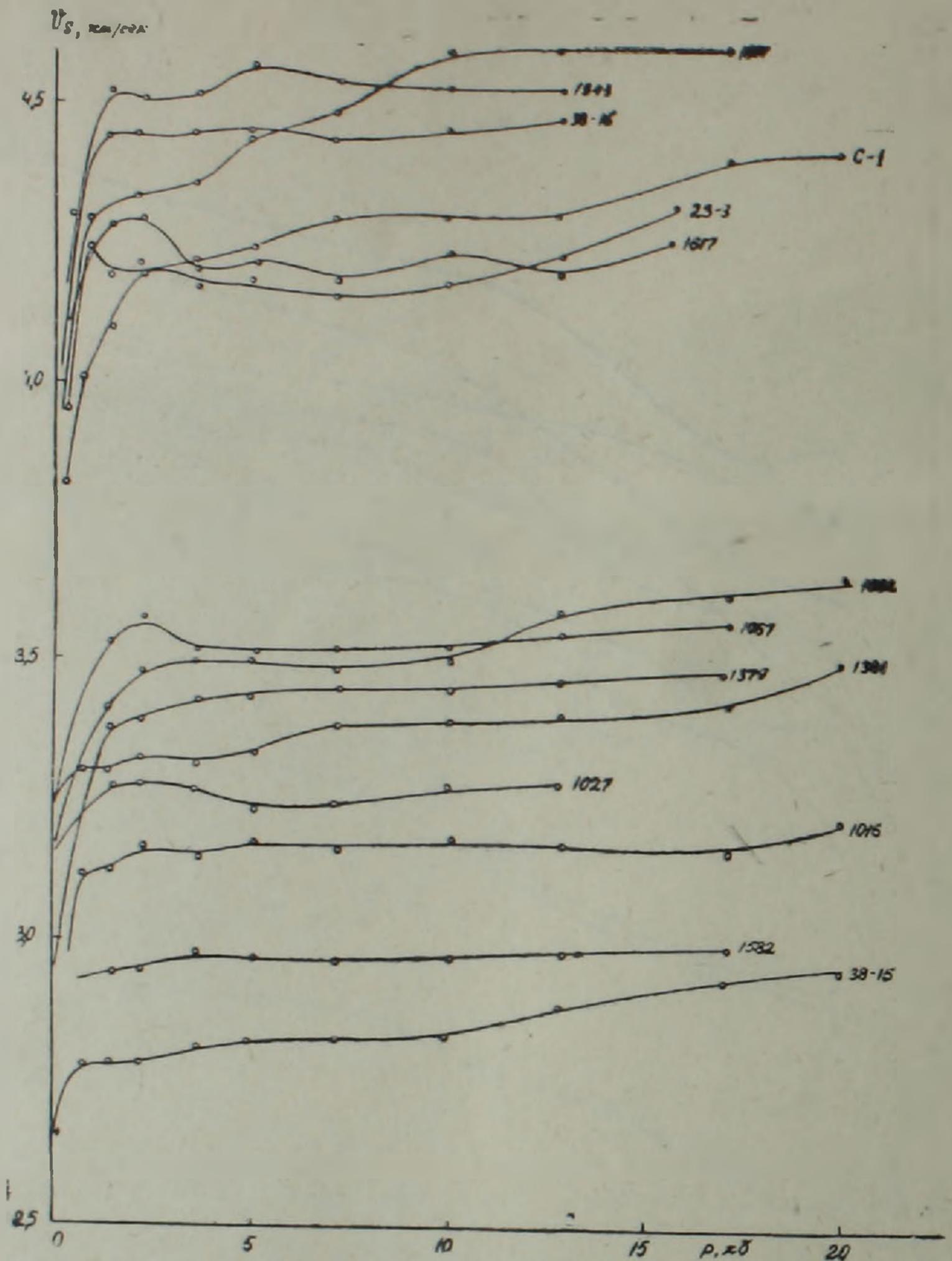


Рис. 4. Зависимость скорости поперечных волн от давления в ультрамафитах I и II групп.

ти расположены серпентинизированные ультраосновные породы, которые обладают низкими значениями скоростей упругих волн.

По скоростям поперечных волн при давлениях до 20 кб имеются весьма ограниченные данные. Данные по скоростям поперечных волн, полученные в работах [6, 8] для ультрамафитов Кольского полуострова, хорошо согласуются с нашими данными, полученными для первой группы образцов. Скорости поперечных волн, исследованных нами в серпентинизированных образцах, намного меньше скоростей, полученных на образцах из Кольского полуострова, и частично ксенолитов Камчатки [9]. Совпадение в некоторых случаях наших результатов с вышеуказанными дан-

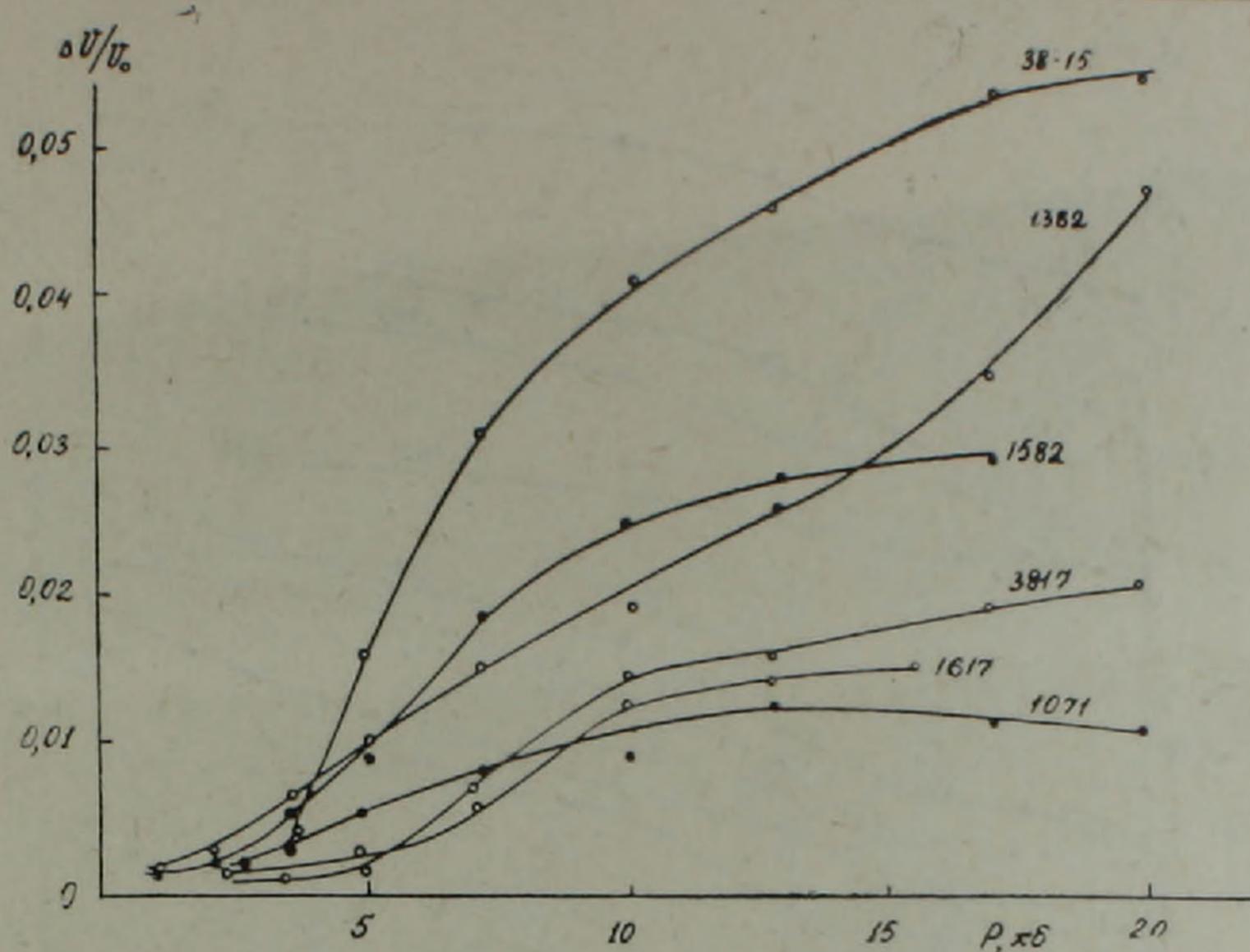


Рис. 5. Зависимость декремента объема от давления в ультрамафитах.

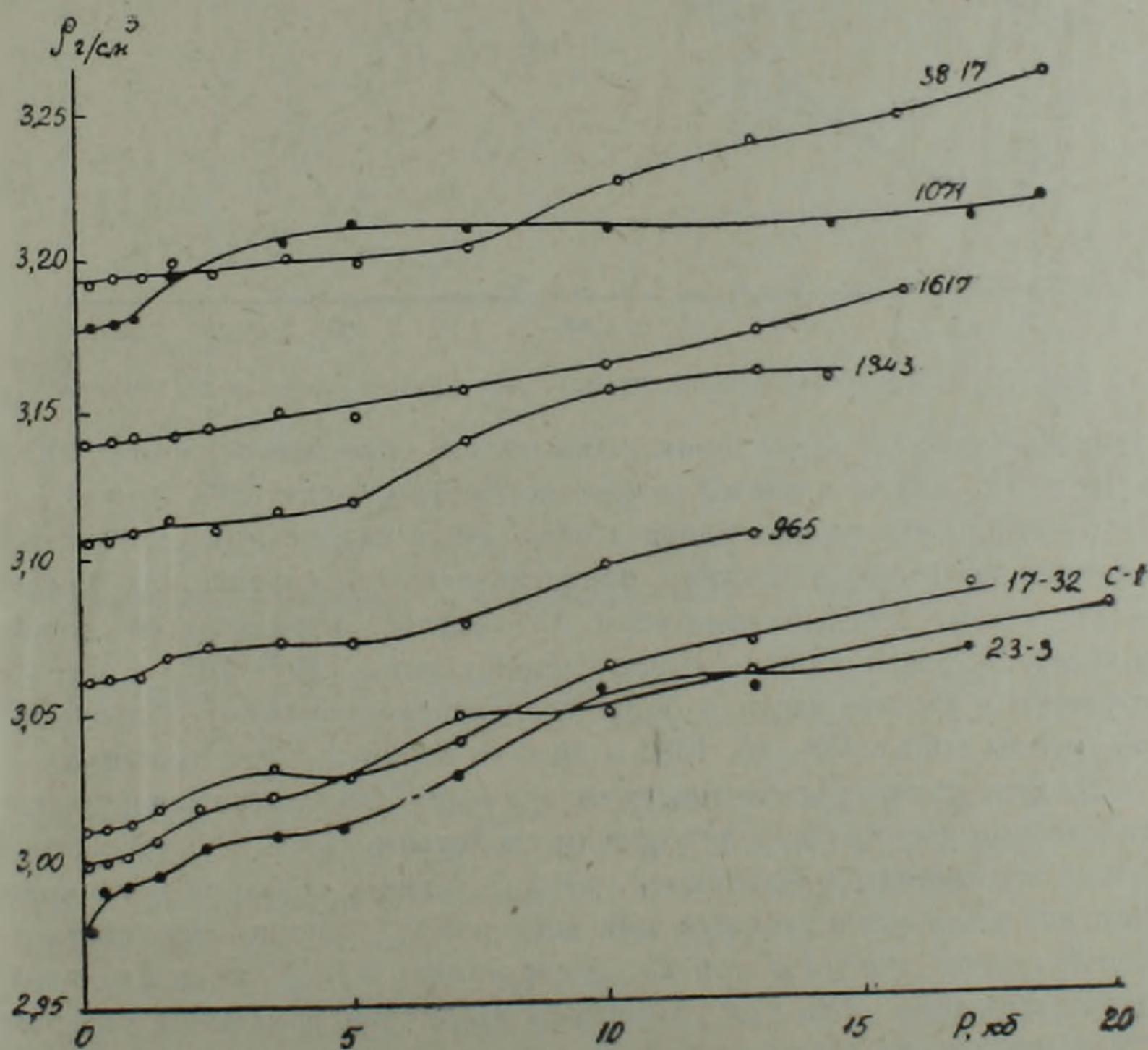


Рис. 6. Зависимость плотности от давления в ультрамафитах I группы.

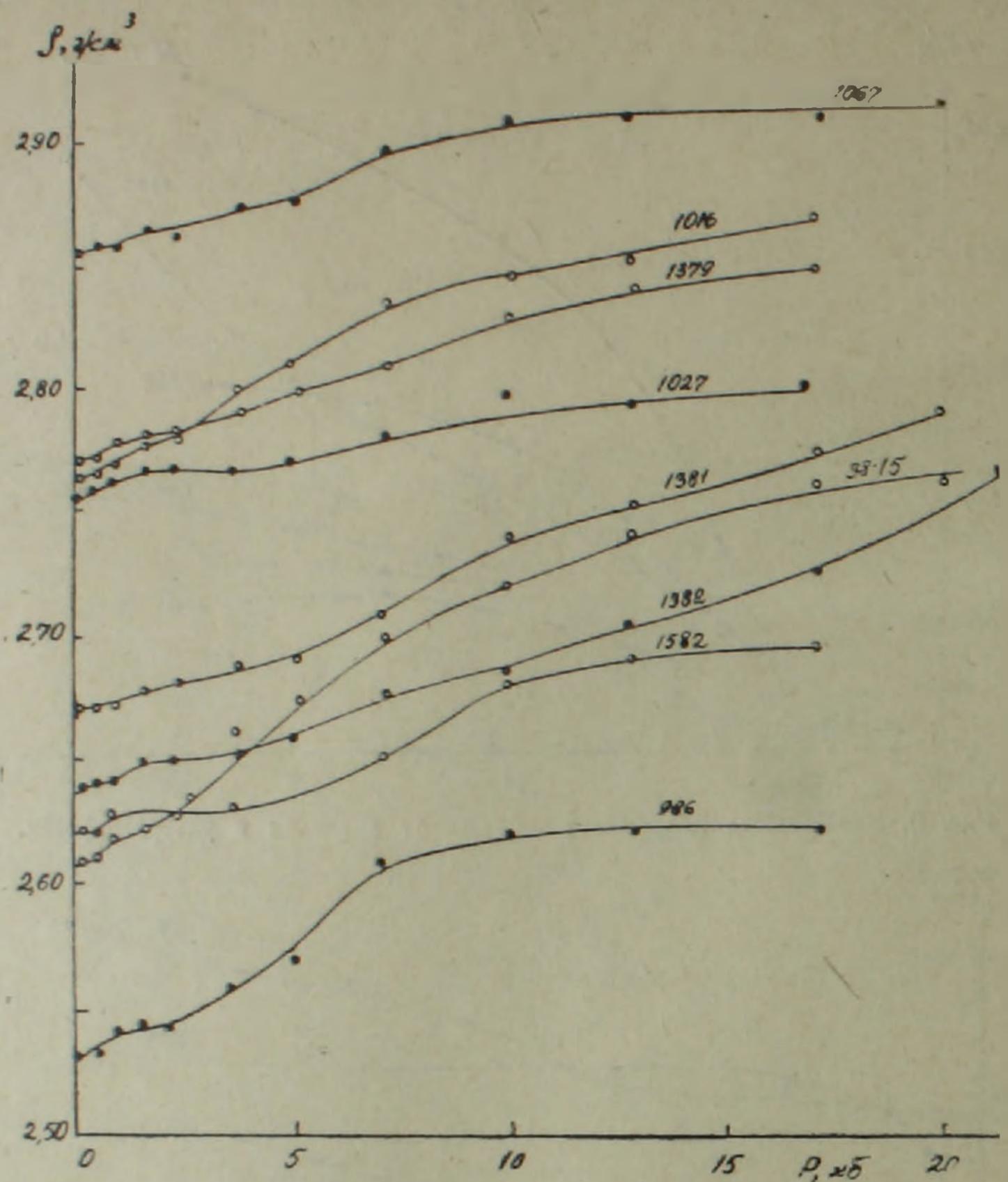


Рис. 7. Зависимость плотности от давления в ультрамафитах II группы.

ными по Камчатке в основном объясняется общностью минерального состава этих пород, а также тождеством петроструктуры.

Сжимаемость горных пород и связь ее со скоростями упругих волн являются важными свойствами, представляющими интерес для геофизики. Изменение декремента объема  $\Delta V/V_0$  для ультрамафитов показано на рис. 5. Здесь образцы пород первой группы (1071, 1617 и др.) расположены в нижней части, а более серпентинизированные образцы второй группы пород (38—15, 1382 и др.) — в верхней части графика.

Данные изменения плотности от давления для ультрамафитов представлены на рис. 6.7. Как по упругим свойствам, так и по плотности образцов эти породы разделяются на две группы. Плотность с повышением давления увеличивается для всех пород. Средняя плотность для первой группы образцов при 15 кб составляет  $3,15 \text{ г/см}^3$ , а для второй группы образцов —  $2,85 \text{ г/см}^3$ . Процессы вторичных изменений ультрамафитов (серпентинизация, амфиболизация и др.) приводят к понижению плотности и скорости распространения упругих волн. Наши исследова-

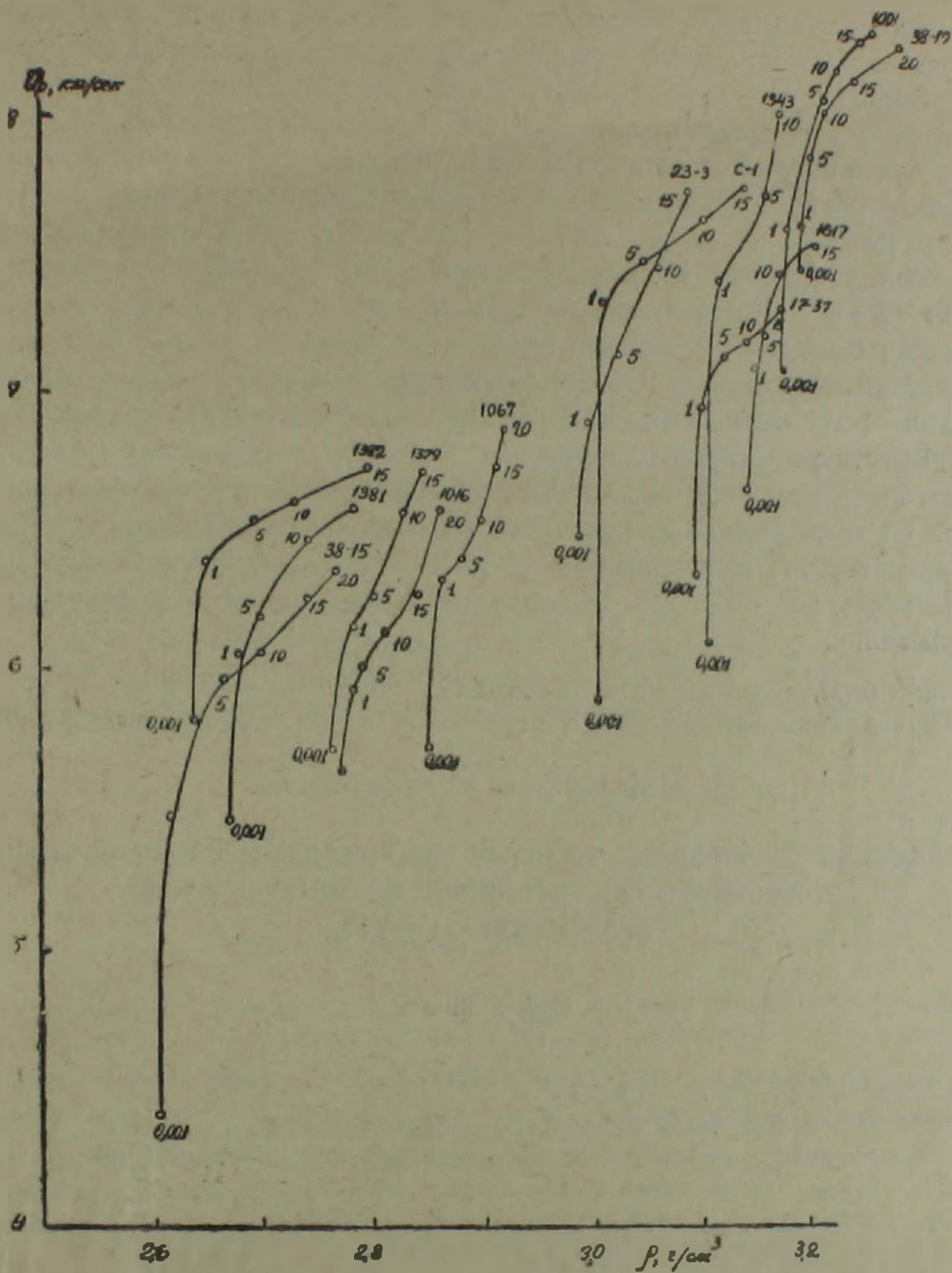


Рис. 8. Изменение скорости в зависимости от плотности при различных фиксированных давлениях в ультрамафитах.

ния показали, что образцы пород, содержащие 10% серпентина, показывают уменьшение  $V_p$  на 14% и  $\rho$  на 11%. С увеличением количества серпентина увеличивается пластичность и сжимаемость образцов пород [2]. Средний прирост плотности для первой группы в интервале давлений 0—20 кб составляет 1—2%, а во второй—2—4%.

На рис. 8 показана связь плотности со скоростями продольных волн при различных фиксированных давлениях: 0,001, 1, 5, 10, 15 и

20 кб (отдельные точки на графике соответствуют плотности и скорости  $V_p$  волн для вышеуказанных давлений). График наглядно показывает характер роста плотности и скорости  $V_p$  для разных областей давлений.

Обобщая результаты исследований ультрамафитов Армении и сопоставляя их с результатами анализа геофизических данных, полученных для подкорового вещества, можно считать, что незначительно серпентинизированные ультрамафиты и гранатсодержащие ультрамафиты относятся, вероятно, к веществу верхней мантии, в зависимости от интенсивности серпентинизации ультрамафитов резко меняются скорости волн  $V_p$  и  $V_s$ . Выделенные две группы пород с резко различными скоростями свидетельствуют об этом. Не исключается возможность того, что резко серпентинизированные горизонты в земной коре и в верхней мантии могут быть причиной возникновения сейсмических границ.

Вместе с этим, учитывая высокие значения коэффициента Пуассона для сильно серпентинизированных ультрамафитов, достигающих величины 0,4 (характерной для таких материалов, как резина, бакелит и др.), можно полагать, что протрузии серпентитов плотностью 2—2,5 г/см<sup>3</sup> происходят по механизму плотностной инверсии или гравитационного всплывания.

Институт геологических наук АН Армянской ССР  
Ереванский политехнический институт

Поступила 2.X.1978.

Ա. Տ. ԱՍԼԱՆՅԱՆ, Ա. Վ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՕՖԻՈՒՏԱՅԻՆ ԳՈՏԻՆԵՐԻ ՈՒՆՏՐԱՄԱՖԻՏՆԵՐԻ ԱՌԱՋԳԱԿԱՆ  
ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ, ԽՏՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ՍԵՂՄԵԼԻՈՒԹՅԱՆ  
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Ուլտրամաֆիտների ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունների ուսումնասիրությունը կարևոր նշանակություն ունի երկրի կեղևի խոր հորիզոնների և վերին պատյանի կազմության ու կառուցվածքի ուսումնասիրության համար: Բարձր ճնշման պայմաններում կատարված ուսումնասիրություններից պարզվել է, որ ուլտրամաֆիտները կախված սերպենտինացման աստիճանից ըստ խտության և առաձգական հատկությունների ստորաբաժանվում են երկու խմբերի: Խրիզոտիլային սերպենտինի քանակության աճը հանգեցնում է ապարի խտության ու առաձգականության նվազմանը և պլաստիկության ու սեղմելիության աճին:

Ստացված տվյալները հիմք են հանդիսանում ենթադրելու, որ երկրակեղևում առանձին հարթություններ, ինչպես նաև Մոխո հարթությունը, կարող են պայմանավորված լինել ապարների սերպենտինացման տարրեր աստիճաններիով:

Պլաստիկության աճի հետևանքով կարող է տեղի ունենալ սերպենտինացված մասսաների արտամղում և ներդրում դիապիրային ստրուկտուրաների ձևով:

A. T. ASLANIAN, A. V. HARUTJUNIAN

THE INVESTIGATION OF THE ELASTIC CHARACTERISTICS  
OF DENSITY AND COMPRESSIBILITY OF ULTRAMAFITES  
OF ARMENIAN OPHIOLITE BELTS

## S u m m a r y

The investigation of ultramafites physical-mechanical importance for the study of the structure and matter composition of the Earth crust lower layers and upper mantle. The investigations done at high pressure have shown that ultramafites are subdivided into two groups depending on the degree of serpentanization according to the density and elastic properties. The quantity growth of chrysolite serpentine reduces to the decrease of the rock density and elasticity and to the increase of plasticity and compressibility.

The obtained data are the basis of considering that separate plates in the Earth crust as well as Mokho plate can be conditioned by different degrees of rock serpentization.

The serpentine mass squeezing out and intrusion in the Earth crust in the form of diapiric structures can happen because of plastic increase.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Асланян А. Т., Воларович М. П., Левыкин А. И., Вегуни А. Т., Арутюнян А. В., Скворцова Л. С. Исследование скоростей упругих волн в базитах и ультрабазитах Армении при высоких давлениях. Изв. АН СССР, сер. Физика Земли, № 2, 1976.
2. Арутюнян А. В., Левыкин А. И. Об изменении отношения скоростей продольных и поперечных волн в различных горных породах офиолитовых поясов Армении. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 6, 1977.
3. Баяк Е. И., Воларович М. П., Торков А. П., Элевич В. Я. Влияние тектонического фактора на петрофизические свойства гипербазитов Воронежского кристаллического массива. Сб. «Тектофизика и механические свойства горных пород», М., «Недра», 1971.
4. Воларович М. П., Левыкин А. И., Арутюнян А. В. Скорости упругих волн в образцах горных пород из офиолитовых интрузий Армении при давлениях до 20 кбар. Сб. «Физические свойства горных пород и минералов при высоких давлениях и температурах» (Материалы IV Всесоюзного совещания), Тбилиси, 1974.
5. Воларович М. П., Левыкин А. И., Элевич В. Я. Тектоническая обстановка серпентинизации гипербазитов Воронежского кристаллического массива по данным изучения скоростей упругих волн в образцах пород при давлении до 25 кб. Известия АН СССР, сер. Геология, № 12, 1972.
6. Воларович М. П., Баяк Е. И., Левыкин А. И., Томашевская И. С. Физико-механические свойства горных пород и минералов при высоких давлениях и температурах. М., «Наука», 1974.
7. Воларович М. П., Баяк Е. И., Галдин Н. И. Исследование скорости продольных волн в образцах горных пород при высоких давлениях в связи с изучением глубинного строения Центрального Казахстана. Сб. «Тектофизика и механические свойства горных пород», М., «Недра», 1971.

8. Воларович М. П., Левыкин А. И. Исследование влияния высокого давления на упругие свойства образцов горных пород, отобранных по профилю ГСЗ в Северной Карелии. Известия АН СССР, сер. Физика Земли, № 1, 1965.
9. Левыкин А. И., Форберов А. И. Упругие свойства гипербазитовых ксенолитов вулкана Авача при давлении до 27 кб. Сб. «Тектофизика и механические свойства горных пород». М., «Наука», 1971.