

УДК 551.1.14

ГЕОЛОГИЯ

Член-корреспондент АН Армянской ССР А. Т. Асланян
 М. П. Воларович, А. И. Левыкин, А. В. Арутюнян

О составе, строении и упругих характеристиках земной коры и верхней мантии на территории Армении

(Представлено 15/V 1975)

Структура и состав земной коры и верхней мантии, а также процессы, протекающие в них, являются важной проблемой современной геофизики (1-6).

Ведущую роль в геологическом строении земной коры Армении играют метаморфические и магматические породы. Характерной особенностью геологии республики является развитие сети глубинных разломов и флексур (7-9), способствующие интенсивному развитию офиолитового магматизма и автометаморфизму оливинсодержащих магматических пород. Офиолитовые зоны, их строение и происхождение в последнее время привлекают к себе все большее внимание (10 и др.). С одной стороны, они могут дать представление о составе «базальтового» слоя земной коры и прилегающей к коре верхней мантии, с другой стороны они контролируют разнообразные рудные формации.

С целью изучения данных, которые могут быть использованы при интерпретации сейсмических наблюдений для выявления состава и строения глубинных горизонтов земной коры, а также верхней мантии территории Армении, были проведены исследования скоростей распространения продольных и поперечных упругих волн v_p , v_s и плотности ρ при высоких давлениях в образцах базитов, ультрабазитов и их метаморфизованных разновидностей, отобранных из офиолитовых поясов Армении (11,12).

Результаты исследований для образцов базальтов, диабазов и габбро показаны в обобщенном виде на рис. 1. Всего было изучено 40 образцов. Скорости в этих образцах варьируют в значительных пределах, что обусловлено большими различиями минерального состава и значений пористости и плотности. Область кривых $v_p = f(p)$ для базальтов и диабазов в основном перекрывается, и при давлениях 7—8 кб (соответствует глубинам $H=25-30$ км) среднее значение скоростей достигает 6.20—6.50 км/сек, при этом величины плотности колеблются от 2,8

до $2,83 \text{ г/см}^3$. Средний прирост скорости продольных волн во всем интервале давлений (0—20 кб) в базальтах и диабазатах приблизительно одинаковый и составляет 10—12%, а плотности 4—6%. Скорости в об-

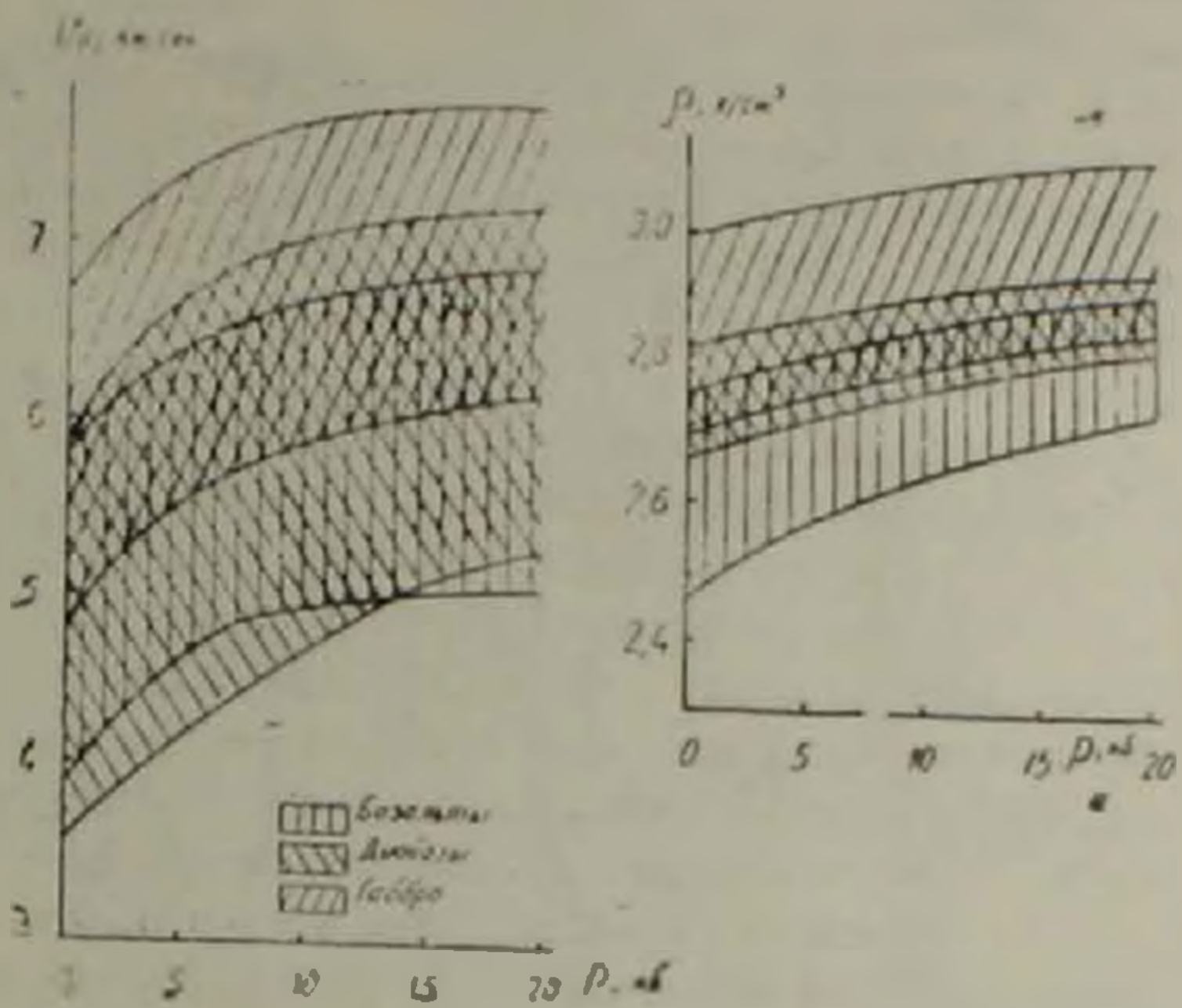


Рис. 1. Области значений скорости продольных волн и плотности в широком интервале давлений для пород основного состава

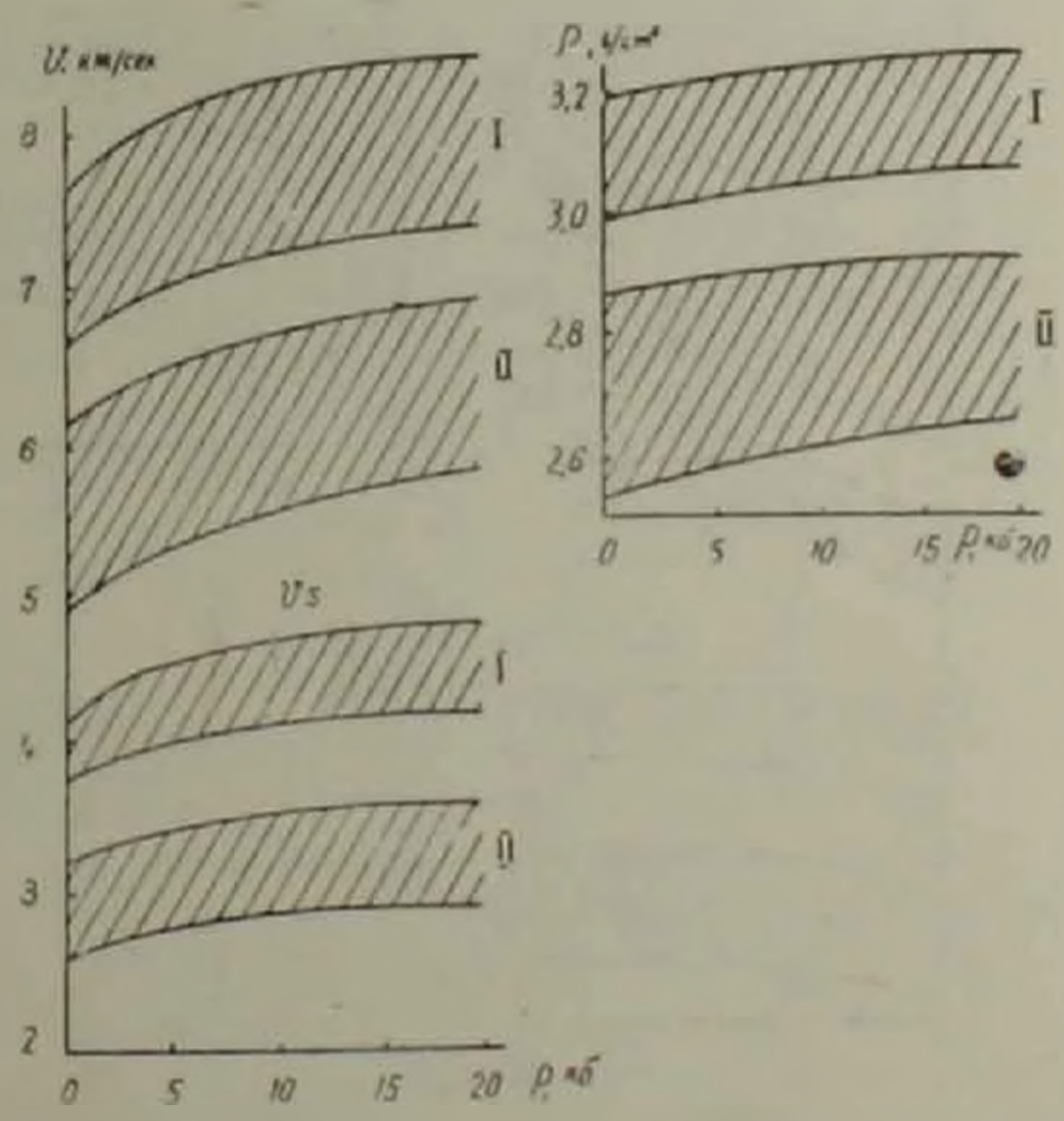


Рис. 2. Области значений скоростей продольных и поперечных упругих волн и плотности в широком интервале давлений для ультраосновных пород

разцах габбро несколько выше и при давлении 9—10 кб (11—32 км) достигают значений 7,2—7,4 км/сек, плотность в этих породах при тех же давлениях варьирует в пределах 2,9—2,95 г/см³. Прирост скорости в интервале давлений 0—20 кб в породах габбро в среднем составляет 7—8%, а плотности 3—4%.

Результаты исследований ультраосновных пород приведены на рис. 2. Здесь выделяются две резко отличающиеся друг от друга области кривых $v_p = f(p)$ и $v_s = f(p)$, а также плотности в функции давления. В первую область вошли данные для 9, а во вторую—10 образцов. В первой из них, в которой наблюдаются более высокие значения скорости и плотности, находятся данные для слабо затронутых вторичными процессами образцов пород, во второй—данные для пород, в значительной степени серпентинизированных (свыше 10%). Скорости продольных и поперечных волн для пород первой группы при давлениях 15—17 кб (11—50—60 км) достигают значений 7,90—8,40 км/сек и 4,30—4,7 км/сек соответственно, плотность—до 3,10—3,25 г/см³. Увеличение скорости во всем интервале давлений составляет 4—5%, а плотности—1,5—2,5%. Для второй группы скорости продольных и поперечных волн при давлениях 15—17 кб находятся в пределах значений 5,8—6,8 км/сек и 2,95—3,65 км/сек соответственно. Плотность ρ варьирует от 2,65 до 2,95 г/см³. Среднее повышение скорости в интервале давлений 0—20 кб составляет 7—8%, а плотности 2—4%.

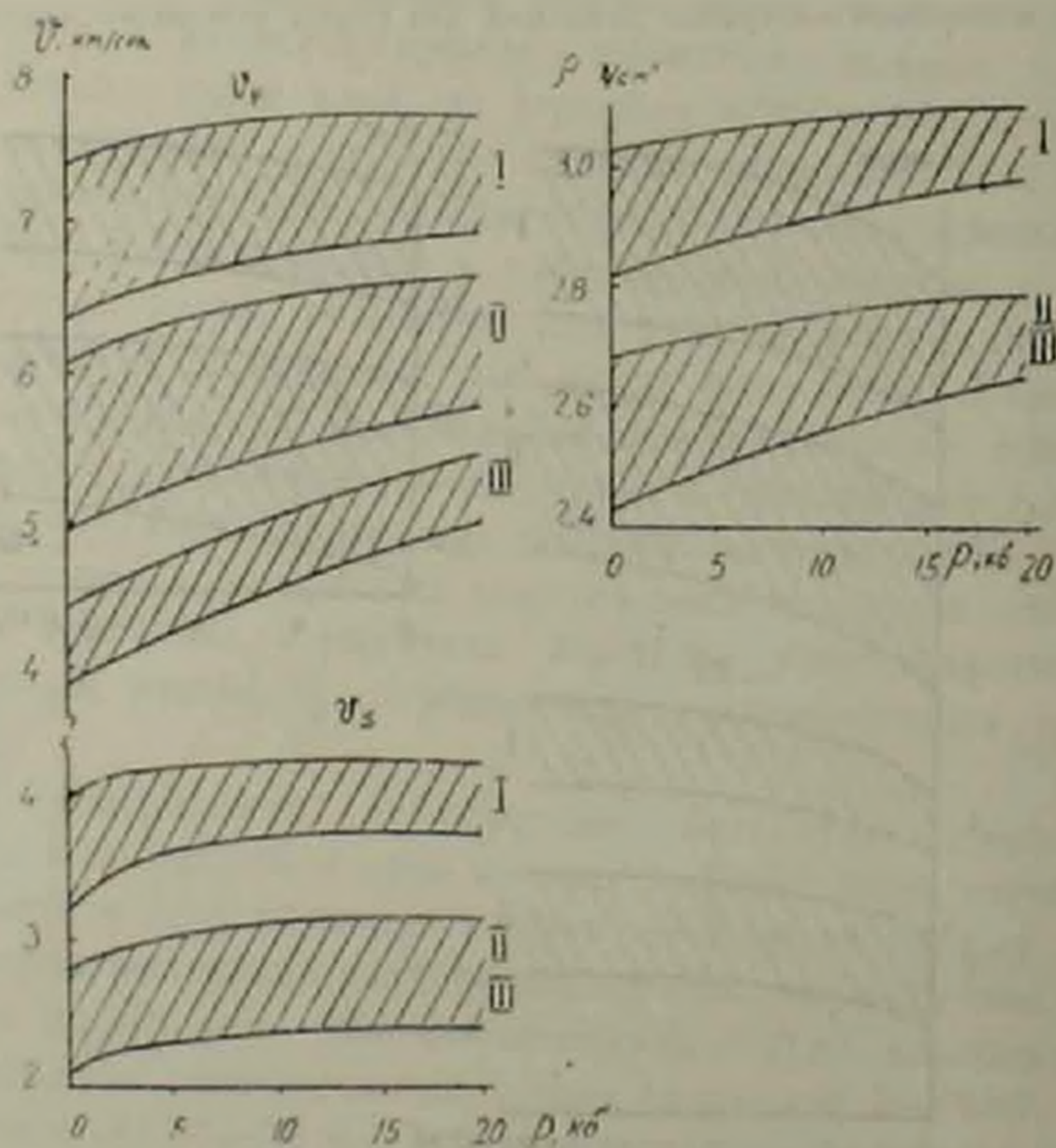


Рис. 3. Области кривых $v_p = f(p)$ и $v_s = f(p)$ для серпентинитов

Упругие и плотностные характеристики серпентинитов достаточно редко меняются при переходе от хризотилowych к антигоритовым разностям (рис. 3). Все кривые $v_p = f(p)$ для этих пород можно разбить по значениям скоростей продольных волн на три группы. В первую группу вошли 7, во вторую—15, а в третью 6 образцов горных пород. Первая группа кривых относится к образцам серпентинитов антигритового состава, характеризующихся, как и в работе (13), высокими скоростями продольных волн. При давлении 15 кб скорость v_p достигает значений 7,1—7,6 км/сек. Прирост скорости в интервале давлений 0—20 кб для этой группы пород составляет 6—7%, плотности—2—3%. Во вторую область кривых сведены данные для образцов серпентинитов с большим содержанием серпентина хризотилового состава (до 50—55%). При давлении 15 кб скорость продольных волн достигает значений 6,0—6,4 км/сек, прирост скорости в интервале давлений 0—20 кб составляет для этих образцов 11—12%, плотности 7—8%. Третья область ограничена кривыми $v_p = f(p)$, полученными для образцов серпентинитов с содержанием хризотила 70% и более. Значение скоростей продольных волн при давлении 15 кб достигает 4,9—5,1 км/сек. Повышение скорости в интервале давлений 0—20 кб для этой группы составляет 18—19%, плотности—9—10%. Данные по скоростям поперечных волн показывают, что вторая и третья группы образцов пород разделяются так четко, что, по-видимому, можно объяснить особенностям распространения поперечных волн в исследуемых образцах. Скорости поперечных волн в образцах первой группы при давлении 15 кб достигают значений 4,0—4,1 км/сек, а в образцах второй и третьей групп при давлении 15 кб—2,9—3,0 км/сек. Серпентиниты по значениям плотности также можно разделить на две группы: в первую группу относятся образцы с плотностью при давлении 15 кб—2,9—3,0 г/см³, а во вторую группу входят образцы серпентинитов, для которых величина плотности в интервале давлений 15 кб варьирует в пределах 2,65—2,75 г/см³.

В образцах амфиболитов скорость продольных волн v_p при давлении 15 кб достигает значений 6,3—6,5 км/сек, а в пластически деформированных лиственитах, которые представлены кремнистокарбонатными разностями, скорость их, при тех же давлениях, составляет 6,5 км/сек, а плотность—2,8—2,9 г/см³.

Сопоставление полученных данных по упругим и плотностным свойствам для базитов, ультрабазитов и метаморфизованных пород с данными, имеющимися в литературе (2—4 и др.) для названных типов горных пород, показало в общем хорошее согласие.

При исследованиях вычислялось отношение скоростей продольных и поперечных волн v_p/v_s . Эти данные представляют большой интерес для сейсмологии и косвенно характеризуют пластические свойства горных пород. Значения v_p/v_s для разных типов горных пород, можно разделить на три группы. В первую группу, в которой отношение скоростей в интервале давлений 0—20 кб варьирует в пределах 1,6—1,8, входят свежие ультраосновные породы, пластически деформирован-

ные антигортитовые и антигортит-хризотилитовые серпентиниты, лиственники. Во вторую группу входят образцы, в которых величина v_p/v_s колеблется в пределах 1,8—1,9. К ним относятся породы основного состава — базальты и габбро, а также слабо серпентинизированные ультрабазиты, хризотил-антигортитовые серпентиниты и амфиболиты. В третью группу входят образцы серпентинизированных ультраосновных пород и хризотилитовых серпентинитов, для которых при нормальных условиях величина v_p/v_s выше 1,9. В этих образцах получены самые высокие значения v_p/v_s , которые при 10—15 кб достигают величины 2,3—2,4. В этих же образцах наблюдается самый высокий прирост v_p/v_s с увеличением давления.

Скоростной разрез земной коры и верхней мантии территории юго-западной части Армянской ССР, построенный по последним предварительным данным геофизической станции «Земля» (Н. В. Гаритовская, С. В. Смирнов), показан на рис. 4. Новым и интересным фактом для этой территории является наличие переходного слоя пониженных скоростей у подошвы земной коры на глубине в среднем 40—52 км, который, как предполагают сейсмологи, обладает высокими значениями отношения v_p/v_s , или соответственно относительно высоким значением коэффициента Пуассона ν (согласно формуле: $v_p^2/v_s^2 = (2-2\nu)/(1-2\nu)$). Переходной слой от земной коры к мантии перемежающейся породами

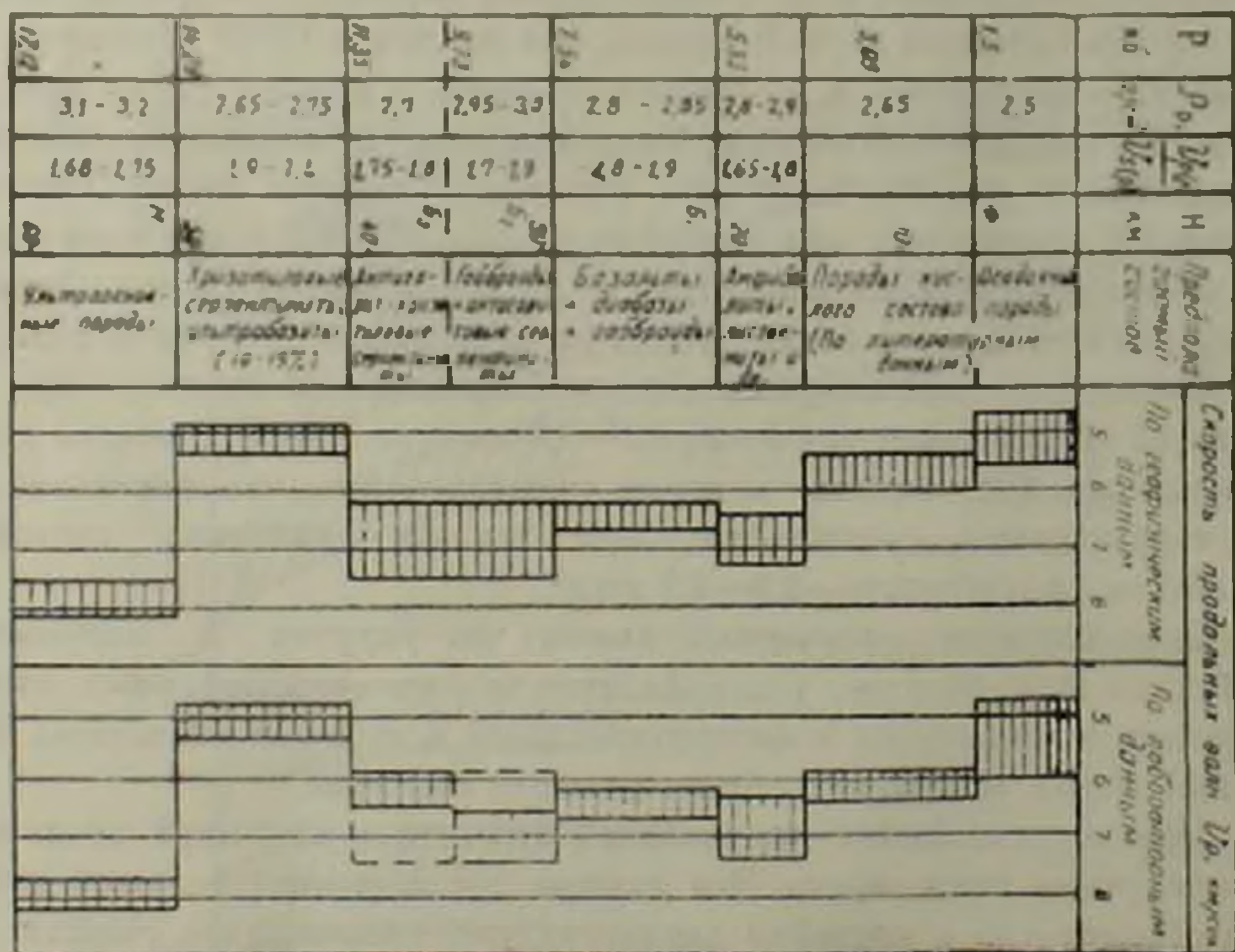


Рис. 1. Предполагаемый вещественный и скоростной разрез литосферы юго-западной части территории Армении по геофизическим и лабораторным данным

с повышенными и пониженными значениями скоростей v_p обнаружено и в других районах Советского Союза (11 и др.). Сейсмологи указанный факт связывают с обводненностью или частичным плавлением этого слоя.

Сопоставляя полученные нами результаты по скоростям упругих волн и плотности для разных типов горных пород со скоростным разрезом и учитывая данные авторов работ (12, 13 и др.), которые предполагают наличие серпентинитов вблизи поверхности Мохо, можно предложить следующий вещественный разрез литосферы в Армении.

Слой пониженных скоростей (с.п.с.) над поверхностью Мохо мощностью 10—11 км является переходным слоем пород ультраосновного состава к серпентинитам. Принимая во внимание данные лабораторных исследований скоростей упругих волн и сопоставляя их с результатами геофизических измерений, можно принять что с.п.с. состоит из хризотилловых серпентинитов (80—90%) и ультраосновных пород (10—15%). В этом случае скорости продольных волн составляют приблизительно 5,35—5,55 км/сек, а поперечных волн—2,25—2,6 км/сек. Оценка поправки за счет влияния температуры (принимая последнюю на уровне 500°C) уменьшает значения скоростей v_p до 5,1—5,3 км/сек, а v_s до 2,15—2,5 км/сек. При этом величина v_p/v_s колеблется от 2,1 до 2,4. Среднее значение плотности для принятого нами состава с.п.с. $\rho = 2,65\text{--}2,75 \text{ г/см}^3$. К сожалению, данных полевых измерений плотности пока нет.

Над слоем пониженных скоростей лежат серпентинизированные горные породы антигорит-хризотилового состава со скоростями продольных волн 6,0—6,4 км/сек. Выше расположены деформированные серпентинизированные породы антигортитового состава и габброиды, для которых скорость продольных волн составляет 6,9—7,6 км/сек. Вероятнее всего, что нет резкого разделения вещества этих слоев. Происходит постепенный переход состава от пониженного антигорит-хризотилового серпентинитового слоя B_1 к верхнему слою B_2 , состоящему из габбро и антигортитовых серпентинитов. Если объединить эти два слоя в один, то скоростной разрез будет иметь вид, как показано на рис. 4 пунктиром.

Выше расположен слой, представленный породами основного состава (базальты, диабазы и в малом количестве габброиды), в которых скорости продольных волн составляют 6,2—6,6 км/сек. Над слоем B_2 прослеживаются метаморфизованные породы, обладающие высокими значениями скоростей ($v_p = 6,8\text{--}7,4 \text{ км/сек}$ при $P = 5 \text{ кб}$). Выше метаморфизованного слоя находятся породы кислого состава и осадочно-вулканогенной толщи, которые нами не изучались. Под слоем пониженных скоростей прослеживаются ультраосновные породы, в которых скорости продольных волн достигают значений 7,9—8,3 км/сек.

Из анализа изученного материала можно заключить, что граница раздела Мохо в эвгеосинклиналях является результатом перехода от серпентинизированных пород к ультраосновным породам. Однотипность

состава и строения офиолитовых поясов земного шара (¹⁰ и др.) дает основание предполагать, что в орогенных поясах поверхность Мох может обуславливаться процессом серпентинизации и переходом от значительно серпентинизированных пород к ультраосновным породам. Вместе с этим заслуживает внимания гипотеза о габбро-анортозитовой природе первозданного нижнего горизонта трехслойной модели коры, который мог соответствовать анортозитовой лунной коре, являющейся продуктом петро-металлургической дифференциации первичной расплавленной габбро-перидотитовой толщи Луны в период времени $4-4,5 \cdot 10^9$ лет т. н.

Ереванский политехнический институт
Институт физики Земли
Академия наук СССР

Ա. Տ. ԱՍԼԱՆՅԱՆ, Ա. Ի. ԼԵՎԻՆ, Ս. Պ. ՎԱՍԻԼՅԱՆ, Ա. Վ. ՀԱՐՈՒՅՑՅԱՆՅԱՆ

Հայաստանի տարածքում երկրակեղևի և վերին պատյանի
կազմի, կառուցվածքի և առաձգական հատկությունների մասին

Հայաստանի օֆիոլիտային զոնաներից ընտրված հիմնային, ուլտրա-հիմնային և մետամորֆային ապարների փորձանմուշների բարձր ճնշման պայմաններում կատարված լաբորատոր ուսումնասիրությունների հիման վրա որոշված է նրանցում առաձգական ալիքների տարածման արագության, ինչպես նաև խտության փոփոխությունների սահմանները, որոշված է ապարների պլաստիկ հատկությունը բնորոշող ցուցանիշի փոփոխությունը ըստ խտության:

Լաբորատոր և գեոֆիզիկական հետազոտությունների արդյունքների համեմատության հիման վրա տրված է երկրակեղևի ներքին հորիզոնների և վերին պատյանի նախափոր կազմը, կառուցվածքը և առաձգական հատկությունները: Նեթադրվում է, որ սեյսմիկ հարթությունները «բազալիտային» շերտում կարող են պայմանավորվել սերպենտինիտների տարատեսակների առկայությամբ: Առիորոգիչի հարթությունը, ումենայն հավանականությամբ, հանդիսանում է խրիզոտիլային սերպենտինիտներից ուլտրահիմնային կազմի ապարների անցման արդյունք: Ինչ վերաբերում է կեղևի ստորին «բազալիտային» շերտին, ապա այն կարող է կազմված լինել ինչպես բազալիտային ու գրանուլիտային անսամբլի միներալներից և սերպենտինիտներից, այնպես էլ դարբո-անորթոզիտային ապարներից:

ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

- ¹ М. П. Волунович, Исследование физических свойств горных пород при высоких давлениях и температурах. Геофиз. сб. № 11, 1964.
- ² М. П. Волунович, Е. И. Баюк, А. И. Левыкин, И. С. Томашевская, Физико-механические свойства горных пород и минералов при высоких давлениях и температурах, Изд-во «Наука», М., 1974.
- ³ Т. С. Лебедев, Л. В. Корниенко, В. И. Шаповал, В. Р. Корчин, Упругие свойства горных пород

при высоких давлениях. Изд. «Наукова думка» Киев, 1972. ⁴ Физические свойства горных пород при высоких давлениях и температурах. Материалы IV Всесоюзного совещания по физическим свойствам горных пород. Тбилиси, 1974. ⁵ Э. Н. Порхоменко, А. Т. Бондаренко, Электропроводность горных пород при высоких давлениях и температурах. Изд. «Наука», М., 1972. ⁶ Ф. Берг, Некоторые геофизические приложения исследований при высоких давлениях, в кн.: Твёрдые тела под высоким давлением, пер. с англ. Изд. Мир, М., 1964. ⁷ А. Т. Асоян, Региональная геология Армении, Изд. «Айпетрат», 1958. ⁸ Геология СССР, т. 43, «Армянская ССР», Изд. «Недра», М., 1970. ⁹ Геология Арм. ССР, т. X. Геофизика. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1972. ¹⁰ В. Пенинг, «Геотектоника», № 4, 1969. ¹¹ М. П. Волюровиц, А. Н. Левыкин, А. В. Арутюнян, Сб. Физические свойства горных пород при высоких давлениях и температурах. Тбилиси, 1974. ¹² А. В. Арутюнян, «Известия» Арм. ССР, «Науки о Земле», № 3, 1971. ¹³ М. П. Волюровиц, А. Н. Левыкин, В. Я. Эсевич, «Известия АН СССР, геол. геогр.», № 12, 1972. ¹⁴ Н. Н. Давыдова, Н. П. Колмическая, Н. К. Капистан, Г. Г. Михота, Геофизический сб. АН УССР, вып. 51, «Наукова думка», Киев, 1973. ¹⁵ Х. А. Хаси, В сб. «Земная кора», ИЛМ, 1957. ¹⁶ С. В. Москалева, Сб. «Проблемы строения земной коры и верхней мантии», Изд. «Наука», т. 1970.