

УДК 550.3 : 525.2

А. Т. ВЕГУНИ, Г. Ш. ШАГИНЯН, А. К. ЮХАНИЯН

ПЛОТНОСТЬ АНДЕЗИТОВЫХ ПОРОД ГЕГАМСКОГО
НАГОРЬЯ И СКОРОСТЬ ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛН

Глубинные сейсмические исследования земной коры позволили составить общие представления о строении кристаллической толщи земной коры под континентами и океанами [2, 10]. Однако ряд принципиальных вопросов о строении коры и ее возможном составе до настоящего времени остается неразрешенным. В частности, не ясны вопросы о петрографическом составе слоев кристаллической толщи земной коры, о природе отмечаемых границ раздела в коре, о том, что следует понимать под слоем «гранитным» и т. д. [1]. Из-за отсутствия прямых геологических сведений о составе слоев земной коры по скважинам, стратификация глубинных границ в естолще для различных регионов проводится в основном по величинам скоростей упругих волн, полученных в естественных условиях [11]. Для уточнения данных полевых геофизических наблюдений важную роль имеет и лабораторное определение скоростей распространения упругих волн в образцах горных пород при высоких термодинамических параметрах [5, 11].

Образцы горных пород были отобраны из верхнечетвертичных базальтовых, андезитовых и андезито-базальтовых лав Гегамского нагорья. Лавы характеризуются глыбовой, реже столбчатой отдельностью. По внешнему виду они представляют собой массивные, более или менее пористые породы серого цвета. Отобранные образцы представлены андезитами, пироксеновыми и атакситовыми андезитами, андезито-базальтами. Структура основной массы довольно разнообразная: обычно порфировая, микропорфировая, афировая, микролитовая, пилотакситовая, тонкомикролитовая [9]. Основная масса отобранных образцов состоит из лейст, тонких лейст, плагиноклаза и микролитов плагиноклаза.

Испытание образцов горных пород производилось при давлениях до 15—20 кб на установке поршень-цилиндр, разработанной в Институте физики Земли АН СССР [5]. Применяемая методика для определения скорости продольных волн, декремента объема и плотности описаны во многих работах [1, 3—7]. Перед испытанием образцов горных пород под давлением были определены их физические параметры при нормальных условиях, а также петроструктурные особенности образцов. На рис. 1 показано изменение скорости продольных волн от давления в пироксеновом андезите (обр. Г-18) в трех взаимноперпендикулярных направлениях. Из рисунка видно, что коэффициент анизотропии скорости в интервале давлений 4—20 кб не превосходит 1.8—2% вследствие хаотичного распределения минералов в эффузивных горных породах, поэтому они испытывались в произвольном направлении.

Полученные результаты показывают, что при давлении до 1 кбар скорость продольных волн увеличивается на 15—38%. Это объясняется тем, что при таких давлениях улучшается акустический контакт, так как закрываются микротрещины и щелеобразные поры [3, 4, 7]. При давлениях 10—20 кбар степень возрастания скорости уменьшается до 1,6—7,5%. Кривые зависимости скорости продольных волн от давления в андезитовых породах Гегамского нагорья располагаются в интервале 3,95—5,8 км/сек при атмосферном давлении и 5,25—6,78 км/сек при 15—20 кбар. На рис. 2а проводится сравнение значений скоростей для андезитовых пород Гегамского нагорья с андезитовыми породами Ехегнадзорского района, у которых величины скоростей варьируют от 3,13 до 4,44 км/сек при атмосферном давлении и 4,95—5,77 км/сек при 15 кбар [7]. Как видно, андезитовые породы Гегамского нагорья имеют более высокие значения скоростей продольных волн во всем интервале давления, что связано с большей плотностью, а также повышенным содержанием пироксена—минерала, обладающего высокой скоростью продольных волн [6].

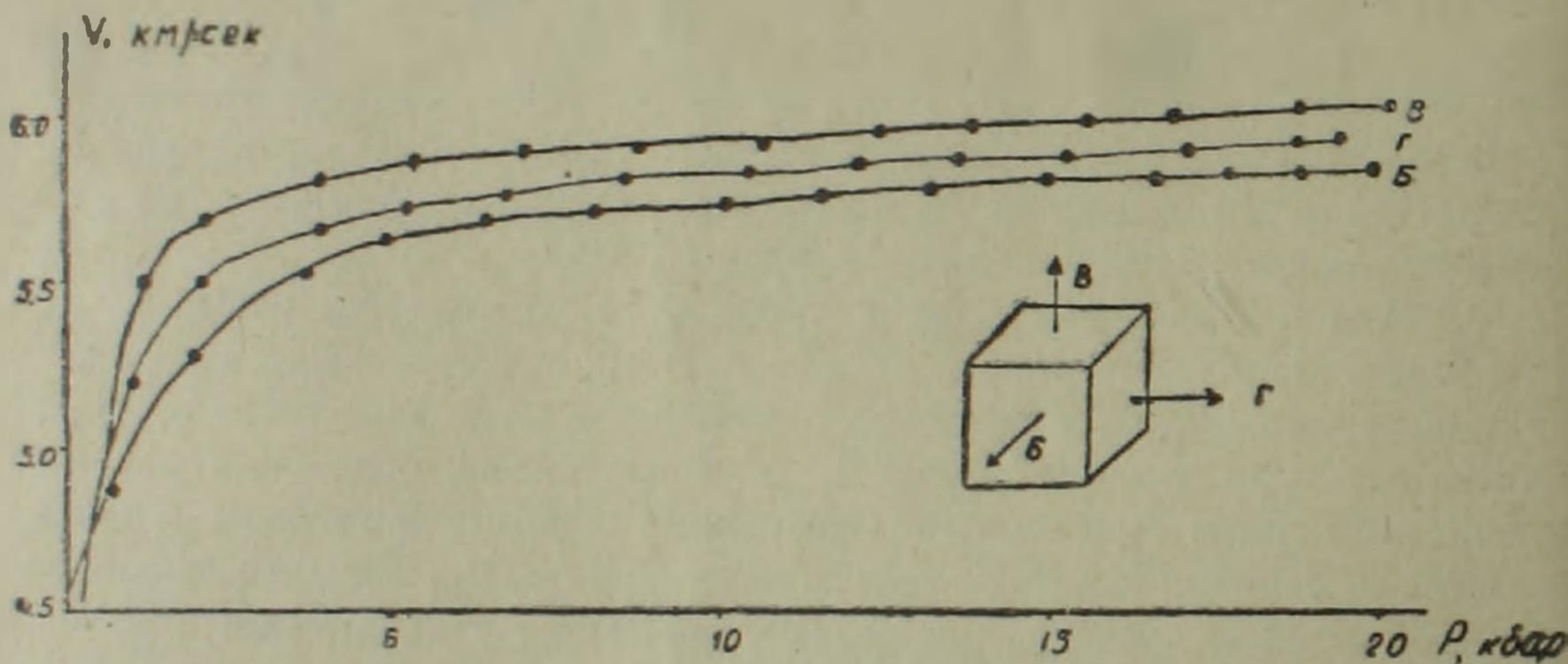


Рис. 1. Зависимость скорости продольных волн от давления в пироксеновом андезите (обр. Г-18) в трех взаимноперпендикулярных направлениях.

На рис. 2а отдельно показана кривая изменения скорости от давления для андезита (обр. Г-6), у которого в основной массе имеется повышенное содержание вулканического стекла: с повышением давления на образец скорость продольной волны несколько уменьшается, что согласуется с ранее полученными данными для стеклообразных веществ [8, 12]. Численные значения скоростных и плотностных характеристик для всех изученных пород приведены в табл. 1.

В процессе эксперимента статистическим методом определялось изменение декремента объема $\frac{\Delta V}{V_0}$ у горных пород в функции давления (рис. 2б). Опыты показывают, что декремент объема для пироксеносодержащих андезитовых пород изменяется от 0,0025 до 0,015 при давлении до 1 кб, а при повышении давления до 15 кбар—увеличивается и варь-

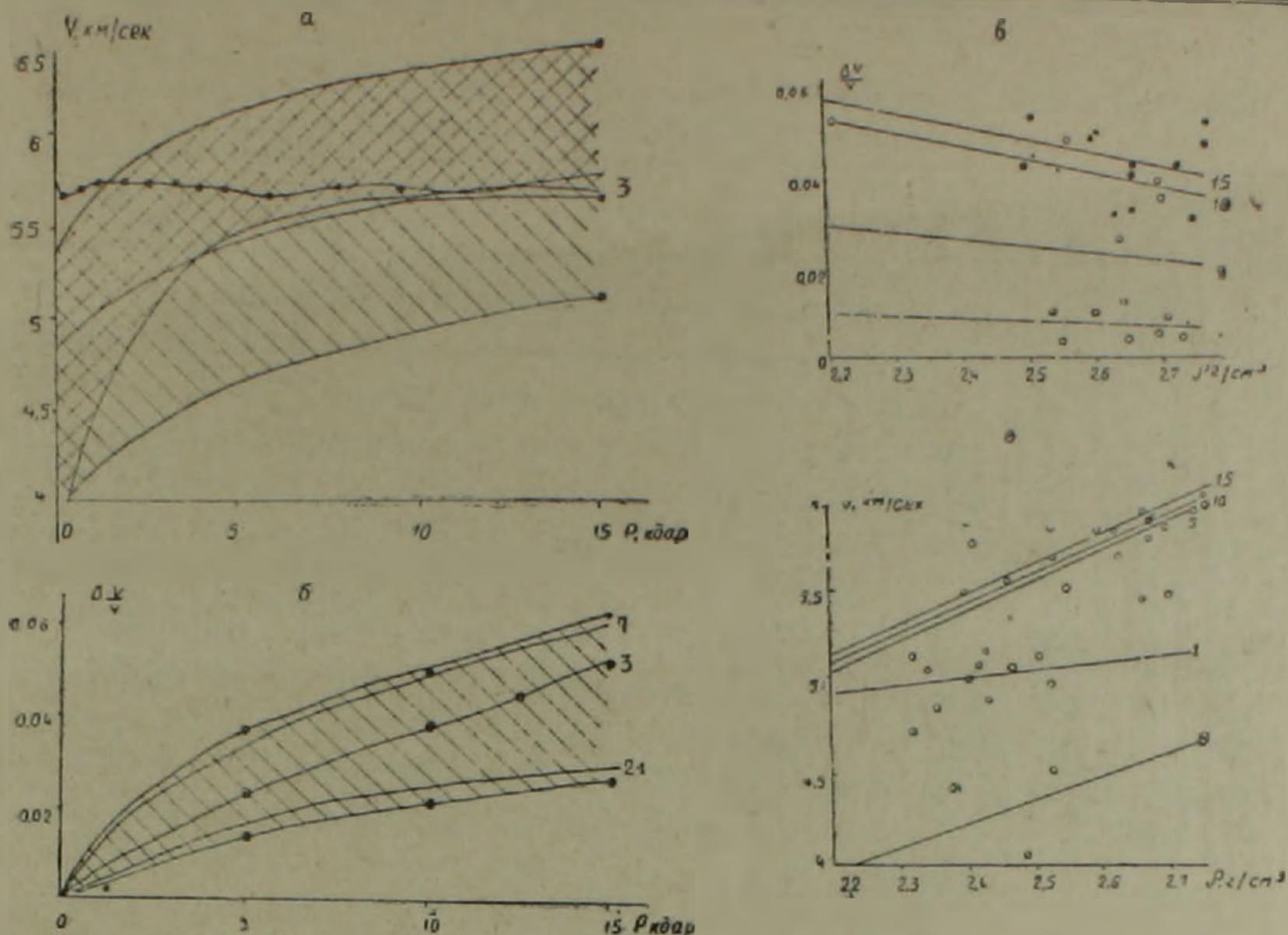


Рис. 2. а) зависимость скорости продольных волн от давления для горных пород Гегамского нагорья—двойная штриховка, для горных пород Ехегнадзорского района—одинарная штриховка, сплошная линия—обр. Г-6, б) изменение декремента объема с давлением для андезитовых пород Гегамского нагорья; в) зависимость между декрементом объема и плотностью для андезитовых пород Гегамского нагорья, 1, 5, 10, 15—давление в кбарах; г) зависимость между скоростью и плотностью андезитовых пород Гегамского нагорья, 0, 1, 5, 10, 15—давление в кбарах.

ирует от 0,025 до 0,62. Эта область показана штриховкой. Из графика видно, что те андезитовые породы, которые имеют высокие значения скоростей продольных волн и большую плотность, располагаются в нижней части и наоборот. Сравнивая результаты экспериментов образцов из Гегамского нагорья с андезитами Ехегнадзорского района [7], можно видеть, что область кривой изменения декремента объема андезитовых пород Гегамского нагорья по мере повышения давления ниже, чем в андезитах Ехегнадзорского района. Ранее была установлена корреляционная связь между декрементом объема и начальной плотностью, а также начальной плотностью и скоростью продольных волн для андезитовых пород Ехегнадзорского района [7], поэтому представляет интерес вывести аналогичную зависимость на вновь изученных образцах и сравнить их между собой. Как и в предыдущей работе уравнение регрессии имело вид линейного уравнения.

Численные значения коэффициентов линейного уравнения регрессии A и B , зависящие от давления и коэффициента корреляции r , приведены в табл. 2.

На рис. 2 в, г построена зависимость между $\frac{\Delta V}{V_0}$ от ρ и v от ρ для

Таблица 1

Плотность и скорость продольных волн для андезитовых пород Гегамского нагорья Армении (в зависимости от давления)

№№ образцов	Плотность (г/см ³) при давлении, кбар						Скорость продольных волн (км/сек), при давлении, кбар					
	0,001	1	5	10	15	20	0,001	1	5	10	15	20
Андезиты												
Г— 3	2,39	2,4	2,44	2,48	2,52	—	5,80	5,68	5,66	5,68	5,70	—
Г— 6	2,39	2,4	2,46	2,49	2,53	—	4,23	4,60	5,10	5,16	5,26	—
Г— 7	2,48	2,5	2,55	2,59	2,62	2,65	3,95	5,80	6,36	6,43	6,57	6,76
Г—30	2,48	2,5	2,55	2,59	2,61	—	4,21	4,60	5,46	5,56	5,56	—
Г—10	2,51	—	—	—	—	—	4,67	5,60	5,90	6,02	6,14	6,30
Г— 4	2,52	—	—	—	—	—	4,29	4,90	5,66	6,40	6,50	—
Г—29	2,56	2,57	2,61	2,64	2,68	2,70	5,32	5,74	6,00	6,03	6,14	6,21
Г—28	2,61	2,62	2,66	2,69	2,69	—	4,54	5,20	5,76	5,86	5,92	—
Г—13	2,68	2,69	2,73	2,76	2,78	—	4,62	5,20	5,76	5,88	5,97	—
Г—21	2,69	2,72	2,74	2,76	2,79	—	4,64	4,96	5,82	6,00	6,15	—
В—27	2,70	2,71	2,73	2,76	2,78	—	4,94	5,30	5,93	6,26	6,30	—
Н—27	2,71	2,72	2,76	2,79	2,80	—	4,41	4,96	5,90	6,10	6,20	—
С—27	2,72	2,75	2,79	2,82	2,84	—	4,78	5,00	5,74	5,90	5,98	—

Пироксеновые андезиты

Г— 2	2,54	2,57	2,61	2,69	2,67	2,68	4,01	4,50	5,84	6,00	6,04	6,08
Г—17	2,57	2,59	2,66	2,70	2,74	2,77	4,23	4,96	5,60	5,80	5,90	6,04
Г—11	2,60	2,61	2,66	2,68	2,70	—	4,28	4,96	5,70	5,83	5,88	—
Г—15	2,63	2,64	2,69	2,72	2,74	—	4,49	4,94	5,48	5,64	5,76	—
Г—19	2,63	2,66	2,72	2,74	2,78	2,84	4,76	5,20	6,08	6,18	6,36	6,56
Г— 1	2,64	2,65	2,67	2,70	2,72	—	4,03	5,50	5,98	5,06	6,12	—
Г—20	2,66	2,68	2,73	2,76	2,78	2,81	4,25	5,60	6,20	6,50	6,64	6,76
Г—18	2,68	2,71	2,76	2,79	2,82	2,86	4,42	5,14	5,70	5,80	5,88	5,98

Атакситовые андезиты

Г— 5	2,65	2,66	2,69	2,71	2,73	—	4,25	5,20	5,96	6,06	6,18	—
Г—08	2,67	2,68	2,71	2,73	2,76	2,78	4,58	5,44	5,86	5,84	5,96	5,98

Андезитобазальты

Г—16	2,35	—	—	—	—	—	4,34	5,2	5,62	5,74	5,92	6,06
------	------	---	---	---	---	---	------	-----	------	------	------	------

Таблица 2

Параметры регрессии и коэффициентов корреляции

р кбар	$\frac{\Delta V}{V_0} = A_1 p + B_1$			$v = A_2 p + B_2$		
	A_1	B_1	r_1	A_2	B_2	r_2
0,001	—	—	—	1,38	0,89	0,03
1	-0,006	0,022	0,22	0,37	4,14	0,10
5	-0,016	0,065	-0,26	1,32	2,24	0,36
10	-0,020	0,022	0,48	1,3	2,31	0,42
15	-0,022	0,107	0,05	1,59	1,67	0,61

андезитовых пород Гегамского нагорья с помощью уравнения регрессии. Из рис. 2 в, г видно, что при атмосферном давлении разброс точек велик и коэффициент r мал вследствие микротрещиноватости и неоднородности пород. При повышении давления разброс точек заметно умень-

шается и коэффициент корреляции увеличивается, т. е. связь улучшается.

Сопоставляя наши данные с уравнением регрессии андезитов Ехегнадзорского района [7], у которых она варьирует $v=4,01 \rho-4,99$ при 5 кбар и $v=3,27 \rho-3,01$ при 15 кбар, выясняем, что угловые коэффициенты андезитовых пород Гегамского нагорья имеют более низкие значения, чем андезиты Ехегнадзорского района [7], потому что плотность у них ($2,39-2,72 \text{ г/см}^3$) больше, чем плотность ($2,24-2,67 \text{ г/см}^3$) андезитов Ехегнадзорского района.

Выводы

1. Характер изменения скорости продольных волн пироксенсодержащих андезитовых пород по мере повышения давления почти одинаковый и варьирует в интервале $3,95-5,8 \text{ км/сек}$ при атмосферном давлении и $5,25-6,78 \text{ км/сек}$ при 15—20 кб. Эта область несколько выше, чем для пород андезитового состава Ехегнадзорского района.

2. Изменения объема больше у тех андезитов, которые имеют меньшее значение плотности и наоборот.

3. Установлена корреляционная связь между плотностью и скоростью продольных волн, а также между плотностью и декрементом объема. При атмосферном давлении коэффициент корреляции небольшой. С увеличением давления коэффициент корреляции возрастает, т. е. связь улучшается.

Ереванский политехнический институт

Поступила 28.IX.1978.

Ա. Թ. ՎԵՀՈՒՆԻ, Գ. Շ. ՇԱՀԻՆՅԱՆ, Ա. Կ. ՅՈՒԽԱՆՅԱՆ

ԳԵՂԱՄԱ ԼԵՌՆԱՇՂԹԱՅԻ ԱՆԴԵԶԻՏԱՅԻՆ ԱՊԱՐՆԵՐԻ ԽՏՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ԵՐԿԱՅՆԱԿԻ ԱՎԻՔՆԵՐԻ ԱՐԱԳՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Դաշտային գնդֆիզիկական դիտարկումների ճշտման համար կարևոր դեր ունի ապարների ֆիզիկական հատկությունների լաբորատոր ուսումնասիրությունը բարձր թերմոդինամիկական պայմաններում: Փորձանմուշները հիմնականում վերցված են Գեղամա լեռնաշղթայի վերին շորրորդական բազալտային, անդեզիտային և անդեզիտաբազալտային հոսքերից:

Որոշված է այդ անդեզիտային ապարներում երկայնակի ալիքների տարածման արագության աճը, փոփոխման տիրույթները, ծավալի և խտության փոփոխությունը 0—20 կբար ճնշման պայմաններում: Որոշված է այդ մեծությունների միջև համահարաբերակցական կապը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Баюк Е. И., Волирович М. П., Скворцова Л. С. Скорость угругих волн при высоких давлениях в изверженных и метаморфических породах различных регионов. Тектонофизика и механические свойства горных пород. «Наука», М., 1971.

2. Белоусов В. В. Земная кора и верхняя мантия материков. «Наука», М., 1966.
3. Воларович М. П., Левыкин А. И., Галдин Н. Е. Изучение скоростей продольных волн в образцах горных пород при давлениях до 20 кбар. ДАН СССР, т. 157, № 6, 1964.
4. Воларович М. П., Левыкин А. И., Арутюнян А. В. Скорость упругих волн в образцах горных пород из офиолитовых интрузий Армении при давлениях до 20 кбар. В сб. «Физические свойства горных пород при высоких давлениях и температурах», Тбилиси, 1974.
5. Воларович М. П., Баюк Е. И., Левыкин А. И., Томашевская И. С. Физико-механические свойства горных пород и минералов при высоких давлениях и температурах. «Наука», М., 1974.
6. Воларович М. П., Баюк Е. И., Ефимова Г. А. Упругие свойства минералов при высоких давлениях. «Наука», М., 1975.
7. Воларович М. П., Шагинян Г. Ш., Баюк Е. И. Плотность и скоростные характеристики андезитовых пород Армении при высоких давлениях. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 3, 1977.
8. Воларович М. П., Баюк Е. И., Шагинян Г. Ш. Исследование скоростей продольных волн и их поглощения в горных породах и минералах при давлениях до 15 кбар и температурах до 600°C. Известия АН СССР. Физика Земли, № 7, 1977.
9. Геология СССР, т. 43, Армянская ССР, «Недра», М., 1970.
10. Магницкий В. А. Внутреннее строение и физика Земли. «Недра», М., 1965.
11. Померанцева И. В. К вопросу о строении и возможном составе кристаллической толщи земной коры. Строение и развитие земной коры. «Наука», М., 1964.
12. Тонкова Э. А., Беликов Б. П., Абрамова Е. Е. Поведение вулканических стекол в условиях высоких термодинамических параметров. Известия АН СССР, серия геол., № 5, 1977.