Известия НАН РА, Науки о Земле, XLVII, 1994, №1-2, 7-23

В А. АГАМАЛЯН

докембрийский вулканизм армении

На примере Цахкуняцкого кристаллического массива Армении приводится характеристика докембрийского вулканизма СЗ края Перигондванского Ирано-Армянского мезоконтинента. На основании детального картирования и петрологических реконструкций исходного химического и минералогического составов метавулканитов докембрия со «снятием» метаморфизма выделяются две территориально разобщенные палеовулканические области верхнего протерозоя: 1) окраинно-континентальная область с контрастно-дифференцированным базальт-риолитовым вулканизмом и 2) область с ориолитовым коматнит-базальтовым вулканизмом.

Вулканизм докембрийского времени для территории Армении и сопредельных территорий до сих пор остается неосвещенным. В результате регионального метаморфизма основные вулканогенные породы докембрия превращены в альбит-хлорит-актинолитовые сланцыпорфиритоиды и амфиболиты, а кислые-в кварц-полевошпатовосерицитовые сланцы-порфироиды в составе сланцевых толщ [2]. Предыдущие исследователи, отмечая вулканогенную природу зеленых сланцев и амфиболитов, указывали лишь на признаки основного вулканизма, без выделения продуктов кислого вулканизма, слагающих самостоятельную толщу порфироидов [1]. В состав древнего метаморфического комплекса, из-за его слабой изученности, ошибочно влючались также зеленокаменные вулканиты мощной апаранской серии [5, 9, 10, 11] юрского возраста [4]. В обобщающих сводках по магматизму Армении древний вулканизм в целом также не охарактеризован. В ряде публикаций автора были освещены лишь отдельные аспекты части вулканитов докембрия [1, 2].

Цахкуняцкий кристаллический массив является фактически единственным достоверно установленным выступом докембрийского кристаллического фундамента Перигондванского Ирано-Армянского мезоконтинента. и приводимая геолого-петрологическая характеристика докембрийских вулканогенных формаций может иметь более общее значение в познании эволюции магматизма и геодинамики становления земной коры данного сегмента Альпийского пояса. Докембрийский возраст описываемых ниже вулканогенных толщ уверенно определяется по прорыванию их гранито-гнейсовыми куполами с достоверно установленным, по ряду рубидий-стронциевых изохрон, абсолютным возрастом в 620 млн. лет [3, 6]. В доальпийское время эффузивный и интрузивный магматизм в пределах указанного региона интенсивно проявился лишь в верхнепротерозойское время. Более древние сильно метаморфизованные породы среднего протерозоя нижней-Арзаканской серин представлены полиметаморфическими парасланцами без достоверных признаков синхронного магматизма [2]. Более молодые—палеозойские толщи, развитые в юго-западной Армении, также лишены синхронного магматизма и представлены неметаморфическими шельфовыми терригенно-карбонатными осадками с богатой мелководной фауной девонатриаса [10]. Нижнепалеозойские толщи Турции и Ирана (кембрийсилур) также представлены осадочными отложениями гондванского шельфа [17].

Полнопроявленный эффузивный магматизм верхнепротерозойского возраста изучен нами в крупном Цахкуняцком выступе кристаллического фундамента площадью в 600 кв. км. Докембрийские эффузивы претерпели байкальский (панафриканский) региональный метаморфизм в фации зеленых сланцев при температуре в 380°С и давлении в 3,8 кбр [2].

В южной—Арзаканской части массива метаэффузивы представлены апобазальтовыми порфиритоидами ггукской свиты мощностью 600 м, которые выше согласно сменяются апориолитовыми порфироидами далларской свиты мощностью 300 м, В северной—Апаран—Анкаванской части Цахкуняцкого кристаллического массива вулканиты представлены метабазальтовыми амфиболитами анкаванской свиты мощностью 2500 м. Геолого-петрографические различия позволяют рассматривать метаэффузивы Арзаканской части раздельно от амфиболитов Апаран-Анкаванской части Цахкуняцкого кристаллического массива. Они представляются как образования двух различных палеовулканических зон верхнего протерозоя с различным геодинамическим режимом становления, претерпевшие тектоническую аккрецию и синхронный зеленосланцевый региональный метаморфизм в течение байкальского (пан-африканского) орогенеза.

1 ВЕРХНЕПРОТЕРОЗОЙСКАЯ КОНТРАСТНАЯ БАЗАЛЬТ-РИОЛИТОВАЯ ОКРАИННО-КОНТИНЕНТАЛЬНАЯ (ОСТРОВОДУЖНАЯ) ЭФФУЗИВНАЯ СЕРИЯ

1. 1. Базальтовая (порфиритоидная) формация

Метабазальтовые порфиритоиды слагают нормально-стратифицированную ггукскую свиту в разрезе верхнепротерозойской группы в Арзаканской части Цахкуняцкого кристаллического массива. Ггукская свита непрерывно прослеживается на 6 км по правому борту ущелья р. Даллар при мощности около 600 м. Свита согласно подстилается филлитами бертитакской свиты и согласно перекрывается кислыми метавулканитами—апориолитовыми порфироидами далларской свиты. Исходные лавовые разности менее рассланцованы и отличаются порфировой (бластопорфировой) структурой. В нижней части свиты залегает горизонт апотуфовых хлоритовых сланцев. Первичноосадочные прослои редки и представлены единичными мелкими лин-

зами мраморов. Широко развиты линзовидные тела метагаббро, часто превращенные в актинолитовые сланцы.

Среди порфиритондов различаются: бластопорфировые альбитэпидот-хлоритовые сланцы, альбит-хлоритовые сланцы, хлоритовые рутилоносные сланцы и эпидот-актинолитовые сланцы. Цвет у них зеленый, желто-зеленый и светло-зеленый. Текстура пород сланцевая, гнейсовидная, местами плойчатая, линейная. Невооруженным глазом заметны деформированные вкрапленники плагиоклаза и новообразования хлорита, эпидота, актинолита, карбоната.

Минеральный состав: главные минералы—хлорит, плагиоклаз, эпидот; второстепенные—актинолит, кальцит, кварц; акцессорные магнетит, лейкоксен, рутил, апатит. Количественно-минеральный состав дается в табл. 1. Детальное петрографическое описание порфиритоидов опубликовано в работе [2] автора.

Количес	твенно-ми	нералы	чың со	став а	побаза	льтовы	х порф	риритон	1дов (1	<i>Табл</i> в объ.	ица 1 %)
Номера проб	P1	Chl	Ep	Act	Q	Ка	Mt	Sf	Sc	Ru	Ap
139 494 494 521 1130 1168 1239 1173 1219 1194	26 16 19 20 31 45 36 32 12 12 14	29 31 29 42 29 11 30 13 3 6	22 28 13 18 16 13 8 13 13 13 21		6 11 2 	844511++	15 9 5 7 19 10 13 1 5	+6 13+239+5	+ 25 - 10 - + -	+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++	+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
Средн	25,5	22,2	17.2	14,6	3,9	2.3	9,3	2,8	0,7	0,4	+

Обозначения минералов здесь и далее: Act—актинолит, Ap-апатит, Bt—бнотит. Ch1—хлорит. Cpх—клинопироксен. Ep-эпидот, Ka—кароонат, Ms—мусковит. Мt—магнетит, tMt—титаномагнетит, Ne—нефелин, Ol—оливин. Opх—ортоти, оксен. Or—ортоклаз, Ore—рудный минерал, Pl-плагноклаз, Q-кварц. Ru-рутил, Sc—серицит, Sf—сфен, Stl-силлиманит

Химический состав порфиритоидов ггукской свиты представлен в табл. 2. Породы обладают повышенными содержаниями титана, магния и кальция. Для выяснения исходной природы пород, анализы пересчитаны по методу Симонена-Предовского (рис. 1а), из чего видно, что составы порфиритоидов кучно располагаются в поле основных изверженных пород, что подтверждает их первично-магматическую природу. Результаты пересчетов по методу А. Ритмана [13] на возможный (виртуальный) минеральный состав, кристаллизовавшийся из магмы (в объемных процентах), совмещены с табл. 2. Видно, что исходные базальты до метаморфизма могли содержать порфировые вкрапленники основного плагиоклаза и двух пироксенов, а также оливин. На диаграмме АFM порфиритоиды располагаются в толеитовом поле (рис. 1в), некоторые их составы близки к базальтам COX(M) и основным куммулятам (K). По соотношению шелочи-кремнезем (рис. 9

	Химический состав апобазальтовых порфиритоидов							
NN. п п	1	2	3	4	5	6	7	
NN сбр.	1226	494a	51-12	3616	2855	1225	2946	
SiO_3 TiO_2 Al_2O_3 Fe_2O_3 FeO MnO MgO CaO Na_3O K_2O	$44.32 \\ 1.74 \\ 15.36* \\ 3.83 \\ 8.49 \\ 0.17 \\ 10.53 \\ .0.29 \\ 0.38 \\ 0.15$	45.48 2.67 12.95 10.41 5.71 0.20 7.17 7.79 1.80 0.40	$46.93 \\ 2.09 \\ 12.80 \\ 2.21 \\ 9.47 \\ 0.14 \\ 10.34 \\ 9.18 \\ 2.44 \\ 0.21$	47,33 1,24 16,25 1,55 5,11 0,33 11,07 13,39 1,09	48.59 1.15 16.12 2.96 6.92 0,25 9,34 10,48 2,50	49.95 1.80 14.87 6.02 5.76 0.03 5.44 7.55 2.44 0.25	$50.07 \\ 1.97 \\ 16.07 \\ 7.29 \\ 5.76 \\ 0.12 \\ 4.12 \\ 8.13 \\ 4.25 \\ 1.05 \\ 0.5 $	
Р ₂ О ₅ п.п.п. Н ₂ О Soбш.	0,24 4,45 0,81 0,11	0.23 4.36 1.30 0.05	и. опр. 3,93 0,13 Н. опр.	0,24 0,34 2,03 0,20	0,40 0,16 1,39 н. обн.	0,30 5,10 н обн.	0.46 1.46 0.10	

Сумма	100.87	100.52	99.97	100.08	100.26	99.61	101.95
	норма	' Тивный ми	нералогич	еский сост	ав	'	,
Q Pl Ne Cpx Opx Ol Mt	1,30 50,40 9,00 34,10 4,60	1.62 52.60 9.85 29.89 5.04	51.78 21.43 13.86 9.53 3.40	53,32 22,40 18,43 2,92 2,17	60.17 17.32 10.32 9.32 2.57	7,69 59,84 6,19 22,13	1,67 57,64 12,39 6,12
Ap	0,60	1.00		0,76	0.30	0,75	1.09

Опись анализов: 1—порфиритонд плагноклаз-хлоритовый, взят в 5 км к ССЗ от с. Арзакан; 2—порфиритонд хлорит-эпидотовый, в 3км СЗ с. Арзакан; 3 амфиболовый сланец, с. Арзакан [9]; 4—порфиритонд эпидот-актинолитовый в 0,5 км к ЮЗ от с. Атарбекян; 5—порфиритонд актинолитовый, 2 км ЮЗ с. М. Кишлак; 6—порфиритонд альбит-эпидот-актинолитовый, в 4 км к ССЗ от с. Арзакан; 7 порфиритонд альбит-эпидот-хлоритовый, в 2км ЮЗ с. Кишлак.

^т — в т. ч. 0,11% Сг₂О₃.

Аналитики: пробы 1, 2—В. А. Бабаян, ЦАЛ ИГН АНА; 3, 4—литературные [9]: 5, 6, 8, 9—М. Г. Багдасарян, Н. Пилипосян, ЦАЛ НИГМИ; 7—А. Степанян ЦАЛ УПР геологии Армении; 10—З. Чахмахчян, ЦАЛ ИГН АНА.

1б) порфиритоиды занимают поле базальтов субщелочного характе-

ра. Согласно диаграмме Иенсена [16] порфиритоиды соответствуют высокожелезистым толеитовым базальтам (рис. 1г). По нормативному составу (табл. 2) они представлены как кварц-, так и оливиннормативными базальтами.

По геохимическим особенностям (среднее из 7). в г/т: Ni-370, Co-23, Cr-570, V-235, Cu-226, Zn-215, Pb-20, Ga-30, Y-4,2, Zr-49, Sr-305, Ba-93, Be-1, Li-19, Sc-29) порфиритонды, по сравнению со средним составом основных пород [6]. заметно обогащены элементами группы железа и халькофилами, имеют близкларковые содержания стронция, лития, скандия и обеднены литофильными элементами. Эти особенности характеризуют их как исходно ме-10



Рис. 1. Петрохимические особености докембрийских вулканических пород Армении. а-диаграмма Симонена-Предовского. Условные обозначения: 1-порфиритоиды, 2-порфироиды, 3-амфиболиты, 4-изверженные породы. 5-осадочные породы, 6--Диаграмма сумма щелочей-кремнезем по Ирвину и Барагеру [14]: SubAlk-субщелочные, Aik-щелочные составы. в-Диаграмма AFM по Ирвину и Барагеру [14]: TH-толенгы, CA-известково-щелочные, Мсредние составы базальтов срединно-океанических хребтов (MORB). К-составы основных куммулятов. г-Диаграмма Иенсена [1] по разграничению коматиитов. Обозначения полей: PK-ультраосновные коматииты, BK-базальтовые коматииты, HMT-высокомагназиальные толеиты. HFT-высокожелезистые толеиты, TA, TD, TR-толеитовый андезит, дацит, риолит; CB, CA, CD, CRизвестково-щелочные базальт, андезит, дацит, риолит.

ланократовые базальты, образованные, возможно, в результате высокой степени плавления субстрата.

Процесс метаморфизма исходного базальта в порфиритоид в соответствии с их нормативным (левая часть уравнения) и модальным

(правая часть) составами можно представить в виде реакции изохимической гидратации, где $M_g = (M_g + Fe)$:

базальт + вода == порфиритоид

 $MgSiO_{4} + 4MgSiO_{3} + CaMgSi_{3}O_{6} + 3CaAl_Si_{3}O_{5} + NaAlSi_{3}O_{8} + 5H_{2}O =$ оливин гиперстем салит плагиоклаз вода $= NaAlSi_{3}O_{8} + Mg_{5}Al_{4}Si_{3}O_{10}(OH)_{8} + Ca_{3}Al_{2}Si_{3}O_{10}(OH) + 1/2Ca_{3}Mg_{5}Si_{8}O_{33}$ альбит хлорит Эпидот актинолит $(OH)_{3} + 3SiO_{3}$

кварц

Таким образом, геолого-петрологические исследования показывают, что порфиритоиды верхнего протерозоя представляют собой изохимически метаморфизованные в фации зеленых сланцев высокотитанистые оливин- и кварцнормативные толеитовые базальты, образованные в результате высокой степени плавления мантийного субстрата.

1. 2. Риодацитовая (порфироидная) формация

В составе верхнепротерозойской группы Цахкуняцкого массива нами выделена далларская свита рассланцованных кислых вулканогенных пород—порфироидов мощностью 300 м. Она залегает согласно на метабазальтовых порфиритоидах ггукской свиты на правом борту ущелья р. Даллар, к северу от с. Арзакан, а также в верховьях р. Алавар.

Порфиронды картируются по светло-серой и желтовато-бурой окраске и существенно кварц-полевошпатово-слюдистому составу. Преобладают мелкозернистые метаэффузивы с грубой сланцеватой текстурой, с заметными мелкими (1—2мм) бластопорфировыми вкрапленниками полевого шпата в тонкозернистой апофельзитовой кварц-по-

левошпатовой массе, обладают шелковистым блеском сланцевых сколов, обычно без плойчатости. Имеются также пачки и слои сравнительно мягких и более крупночешуйчатых существенно мусковитовых сланцев светлых, серовато-желтых оттенков, представляющие, очевидно, апотуфовые фации, которые содержат оттрелит и андалузит. На правом борту ущелья р. Даллар имеется значительный участок развития магнетитсодержащих порфироидов желто-серого до черного цвета из-за обилия вкрапленности магнетита, доходящего местами до 50% объема с кристаллами от 0,2 до 15 мм.

Апоэкструзивные тела слабо рассланцованы, гнейсовидные и возвышаются в рельефе в виде гряд высотой 3—5*м*. Сложены тонкозернистым кварц-полевошпатовым материалом с заметными вкрапленниками альбита и содержат ветвящиеся прожилки и линзы кварца.

Порфироиды далларской свиты перекрываются несогласно мраморами и метаграувакками агверанской свиты протерозоя с базальными конгломератами в основании. Они прорываются небольшими телами зеленокаменных габбро, субвулканическими порфироидами корнями излияний магмы порфироидов, а также тоналитами неокомской Агверанской интрузии.

Под микроскопом порфироиды имеют бластопорфировую структуру с лепидобластовой структурой основной ткани. В них установлены альбит, кварц, мусковит (серицит), хлориты, эпидот, биотит, магнетит, оттрелит, андалузит, рутил, ильменит, пирит, халькопирит, апатит, гематит, циркон. Из них альбит и реже кварц образуют бластопорфировые вкрапленники; оттрелит, андалузит и местами магнетит дают порфиробласты, а остальные входят в основную ткань. Количественно-минеральный состав порфироидов приводится в таблице 3. Детальное петрографическое описание порфироидов приведено в работе [1] автора.

Химизм порфироидов верхнего протерозоя представлен в табли-12

Количественно-минеральный			ый соста	в апориол	апорнолитовых		порфироидов		
ΝΝ οδρ.	Q	PI	Ms	Bt	Chl	Ore	Порф. ткр.		
1204 118) 996 994 961 956 125 1176 1262	25 19 23 20 20 20 5 25 50 30	60 68 42 55 65 65 55 55 15 2)	10 10 30 20 15 5 15 20 30	1 1 5 5 5	2	3 1 5 3 	10 15 15 5		
Средний	24.2	49,2	17.3	1,5	2.1	5.6			

Таблица 4

13

Химический состав апориолитовых порфироидов

NO.NO IL II

2

5 6

		1			1	1
№№ сбр.	1204	1 6	1124	1204	-191	1233
SIO ₂ T O ₂ Al ₂ O ₈ Fe ₂ O ₃ FeO MnO MgO CaO N 1 ₂ O K ₂ O п п.п. H ₂ O— P ₁ O ₅ Soбш. Cymma	6).65 0 45 15.92 6.(5 1.09 0 03 0.24 1.35 5 68 1.66 1.05 0.05 0.15 с.л. 99.37	66.00 1.70 17.42 2.68 0.82 0.02 0.21 2.97 2.44 1.12 3.68 0.35 0.73 с.л. 100.14	68.00 0.86 14.'2 4.99 0.87 0.03 0.16 1.78 4.10 2.65 1.35 н обн. 0.19 сл. 99.90	69.14 0.56 15.83 3.43 0.44 0.03 0.32 0.79 6.2 1.80 1.03 0.34 0.07 H. опр. 100.08	67.74 1.74 15.5 3.43 0.44 0.07 0.58 2.64 2.50 1.27 3.75 0.13 0.50 н.сбн. 100.04	40.53 3.99 19.36 11.97 5.81 0.21 4.09 4.31 3.32 2.38 3.65 0.32 0.65 п. опр. 100.59
	ŀ	 орматнвный	минералогич	еский состав	}	
Q Or Pl Bt Ms Sil Mt Ap	26.28 1.46 53.46 8.08 8.08 8.17 2.28 0.27	43.17 32.00 4.10 8.39 9.00 1.95 1.40	31.61 8.35 43.20 6.25 8.23 1.94 0.41	24.94 3.94 57.22 4.56 7.91 1.30 0.13	45.32 32.08 6.30 8.05 5.49 1.74 1.02	48.50 35.08 8.56* 6.50 1.36

Опись анализов: 1-порфироид кварц-полевошпатово-двуслюдяной, взят в 5 км к СЗ от с. Арзакан; 2-порфироид апотуфовый, в Зкм к СЗ от с. Арзакан; 3-порфироид хлорит-серицитовый, в 6 км к СЗ от с. Арзакан; 4-порфироид кварц-полевошпатово-серицитовын, в 4,5 км от с. Арзакан; 5-порфироид оттрелитовый, апотуфовый, в Зки СЗ с. Арзакан; 6-порфироид с вкрапленностью магнетита, в 15 км ЮЗ разв. с. Даллар.

Аналитики: пробы 1, 2, 3-А. Степанян, ЦАЛ Упр. геологии Армении: 4.5-В. А. Бабаян, ЦАЛ ИГН НАН; 6-Ф. Карапетян, ЦАЛ НИГМИ.

це 4, включая магнетитовый порфироид № 6. На диаграмме Симонена-Предовского они занимают довольно компактный ареал в поле кислых изверженных пород (рис. 1а), По соотношению щелочи-кремнезем порфироиды занимают поля субщелочного [15] риолита-дацита (рис. 1б). На диаграмме АFM они проявляют довольно редкую для кислых вулканогенных пород толеитовую тенденцию (рис. 1в), что подтверждается диаграммой Иенсена, на которой порфироиды располагаются в поле толеитовых риолитов (рис. 1г). Таким образом, по петрографическим и петрохимическим свойствам порфироиды представляют собой метаморфизованные риодациты толеитового типа.

Процесс изохимического зеленосланцевого метаморфизма риодацита в порфироид можно продемонстрировать следующей реакцией: риолит + вода = порфироид

NaAlSi, $O_8 + KAlSi, O_8 + 2KMg_3Si_3O_{10}(OH)_2 + 1.5Al_2SiO_5 + 4H_2O =$ плагиоклазортэклазбиотигсиллиманигводаВодаПлагиоклазортэклазбиотигсиллиманигводаВода

(OH)8

Геохимические особенности порфироидов, по данным средних содержаний элементов-примесей, следующие (в г/т): Ni—15, Co—5, Cr—7, V—34, Cu—72, Zn—49, Pb—39, Ga—47, Y—79, Yb—7,5, Zr— 217, Sr—234, Ba—116, Be—4, Li—4, Sc—12. По сравнению с кислыми породами [6], порфироиды несколько обогащены никелем, обеднены хромом, но имеют кларковые содержания кобальта и ванадия, обогащены медью и свинцом при кларковом содержании цинка, обогацены литофильными элементами—галлием, иттрием, цирконием, барием при кларковых содержаниях стронция, пониженного—лития и повышенного—скандия. Обогащенность никелем, толеитовый химизм и тесная сопряженность с базальтами могут свидетельствовать в пользу гипотезы об образовании кислой магмы в ходе кристаллизационной дифференции толеитовой магмы порфиритоидов.

Таким образом смена базальтов риодацитами в едином непрерывном разрезе, общий толеитовый тренд химизма и их геохимическое сродство позволяют рассматривать эту последовательность метавулканитов Арзаканской части в качестве единой базальт-риолитовой контрастно-дифференцированной вулканической серии верхнего протерозоя окраинно-континентального (островодужного) типа.

2 БАЗАЛЬТОВАЯ (АМФИБОЛИТОВАЯ) ФОРМАЦИЯ ОФИОЛИТОВОЙ СЕРИИ ВЕРХНЕГО ПРОТЕРОЗОЯ

Базальтовая (амфиболитовая) формация докембрия Армении занимает площадь 102 кв. км в бассейнах рек Мармарик и Касах и на водоразделе Цахкуняцкого хребта при мощности порядка 2—2,5 км. Ввиду того, что данная формация выделяется и характеризуется впервые, укажем, что ее обнажения можно наблюдать у селений Мармарик, Кабахлу, Анкаван, Мравян, Дзораглух. Характерной особенностью амфиболитовой толщи является тесное переплетение амфиболитов с серпентинитами и трондьемитами (плагиогранитами). Ас-14

социация амфиболит-серпентинит-трондьемит настолько универсальпа, что более или менее сплошные интрузивные массивы тропдьемитов (т. н. «Ходжадзорский», «Адамадзорский», «Улашикский») содержат неисчислимое количество пластообразных останцев и несмешенных ксенолитов, амфиболитов и серпентинитов, сохранивших элементы залегания амфиболитовой «рамы». Соотношения амфиболитов с парасланцами нижней серии тектопические, что отчетливо наблюдается вдоль западного склона Цахкуняцкого хребта от с. Чкнах на север через г. Дамлик до вершины г. Ухтакар (Деветаш) и с. Сипан (Курибугаз). По указанной линии, известной как зона Лусагюхского (Каранлугского) разлома, пластина парасланцев среднего протерозоя (нижней серии) с линзами мраморов и доломитов тектонически пододвинута под толщу амфиболитов. Тесная ассоциация серпентинит-амфиболит-трондьемит с тектоническими контактами с окружением указывает на самостоятельность данной ассоциации, принадлежащей, очевидно, к океанической (задуговой) коре Протетиса, надвинутой на континентальную окраину с сиалическим основанием

юго-восточной — Арзаканской части Цахкуняцкого массива.

Амфиболиты смяты в изоклинальные складки и в результате докембрийского регионального метаморфизма потеряли свои первичные текстурно-структурные особенности базальтов и габбро, за счет которых они образовались. В разрезе амфиболитовой толщи встречаются прослои и горизонты черных апофтанитовых графит-гранатмусковитовых кварцитовых сланцев мощностью от нескольких сантимусковитовых кварцитовых сланцев мощностью от нескольких сантиметров до десятков метров, сопоставимых с яшмо-радиоляритами фанерозойских офиолитов. В верхах свиты, к северу от с. Анкаван встречаются прослои мраморов. На Дамликском перевале наблюдаются две крупные линзы мраморов в ассоциации со слюдяными парасланцами, огибаемые серпентинитами. Эти блоки, очевидно, являются олистолитами пород среднего протерозоя (рис. 1).

По текстурно-структурным особенностям амфиболиты можно подразделить на крупнокристаллические интрузивно-субвулканические апогаббровые и средне-мелкозернистые лавово-пирокластические апоэффузивные разности. Апогаббровые, в свою очередь, подразделяются на серо-зеленые хлорит роговообманковые рутилоносные амфиболиты и линейно-кристаллические темно-зеленые, черные амфиболиты. Апоэффузивные подразделяются на тонкополосчатые и микропорфиробластовые разности. Под действием трондьемитовой магмы образованы инъецированные и в различной степени эпидотизированные (празинитизированные) амфиболиты и эпидозиты. Под термальным воздействием интрузий гранито-гнейсов, прорывающих амфиболиты к востоку от с. Меликгюх, наблюдается ороговикование и скарнирование амфиболитов. На контакте с посткинематическими неокомскими тоналитами по амфиболитам образуются черные роговообманковые и серые пироксеновые и гранат-пироксеновые полосчатые роговики (у с. Анкаван). Промышленные скопления рутила

связаны с апогаббровыми амфиболитами, однако их празинитизация местами ведет к замещению рутила лейкоксеном.

Петрография амфиболитов практически не освещена в литературе, за исключением кратких сведений, приводимых В. Н. Котляром [9].

Апогаббровые амфиболиты имеют крупнокристаллическое сложение, при этом существенно рутилоносные разности имеют светлую серо-зеленую окраску: сравнительно мягкие из-за значительного, нередко преобладающего содержания клинохлора. Текстура спутанночешуйчатая, сравнительно слабо рассланцованная, приближающаяся к массивной. Линейно-кристаллические разности образуются за счет спутанно-волокнистых и отличаются более густой темно-зеленой до черного окраской, более высокой прочностью и развитой кристаллизационной сланцеватостью. В этих преобразованиях значительную роль играет термальное влияние трондъемитов, густо пронизывающих толщу амфиболитов.

Под микроскопом амфиболиты имеют лепидо-нематобластовую,

структуру и состоят из саблевидных и удлиненно-линзовидных кристаллов сине-зеленой роговой обманки, составляющей 50-80% и желтовато-зеленого клинохлора (10-35%) размером до 10 мм, в среднем 2 Змм, с более мелкими кристаллами в промежутках. Плагиоклаз представлен альбитом в виде мелких ксеноморфных зерен размером 0,1-0,5 мм в промежутках зерен амфибола и хлорита основной ткани. Рутил (2-5%) образует псевдоморфные скопления таблитчатой формы, развитые по первичному ильмениту размером до 2 мм, состоящие из тесного срастания мелких зерен размером 0,1-0,5 мм золотисто-желтого цвета. Роговая обманка плеохроирует: Ng-зеленовато-синий, Nm-желтовато-зеленый, Np-бледно-зеленовато-желтый по схеме Ng>Nm≫Np, 2V=-80°, r>v. Наблюдается отчетливая зональность как по окраске, сгущающейся к периферии кристаллов, так и по углу угасания с: Ng от 22° в ядре до 13° на периферии, связанная с увеличением содержания глинозема от центра к периферии кристаллов. Клинохлор плеохроирует: Ng-бесцветный, Nm-бледно-зеленоватый, Np-бледно-зеленый по схеме Ng<Nm=Np, погасание прямое, удлинение отрицательное, Ng--Np=0.007, 2V=+28°. Представлен магнезиальным хлоритом с

одинаковым содержанием амезитовой и антигоритовой составляющих. Приведенные особенности характерны для апогаббровых амфиболитов с наибольшим содержанием рутила. Местами сохранились еще менее рассланцованные разности, текстурно наиболее близкие к исходной породе, представленные преимущественно карбонат-клинохлоровой породой с крупными чистыми кристаллами рутила. Минералогический переход к линейно-кристаллическим сопровождается появлением сравнительно крупных пойкилобластических кристаллов водянопрозрачного альбита таблитчатой формы размером 1—Змм, наложенных на структурный рисунок породы. Происходит сгущение окраски амфибола, уменьшение содержания хлорита и появление лейкоксеновой кай-16 мы вокруг рутила. Местами, при полной празинитизации амфиболитов происходит полное замещение рутила лейкоксеном, что сопровождается развитием в породе эпидота и переходом в желтовато-зеленый эпидот-амфиболовый сланец и эпидозит с густоокрашенной глиноземистой роговой обманкой.

Метаэффузивные — более мелкозернистые амфиболиты преобладают в объеме толщи. Окраска у них черная с зеленоватым оттенком, текстура сланцевая. Для них характерны сегрегационные полосы альбита светло-серого и белого цвета. Минералогически они идентичны вышеописанным апогаббровым амфиболитам.

Количественно-минералогический состав амфиболитов приводится в табл. 5, совмещенной с таблицей химических анализов тех же образцов.

Таблица 5

17

Химические анализы и модальные количественно-минеральные составы апобазальтовых амфиболитов

3

5

N	o N	ê	П	п
	-			

	1						1
№№ обр.	2115	2118	2090	2348	2309	2358	2691
SIO $_2$ TIO $_2$ AI $_2$ O $_3$ Fe $_2$ O $_3$ FeO MnO MgO CaO MgO CaO Na $_2$ O Na $_2$ O Na $_2$ O P $_2$ O $_5$ n.n.n.n. H $_2$ O So6111. Cymma	41.45 0.78 11.50 3.47 9.15 0.25 19.40 8.12 0.98 0.32 0.20 4.11 н. обн. сл. 99.73	41.95 1.84 8.27 6.71 8.29 0.21 16.95 11.21 0.92 0.24 0.35 2.50 н. сбн. сл. 99.44	44 · 52 1 · 25 16 · 28 7 · 18 4 · 30 0 · 14 5 · 92 17 · 08 1 · 85 0 · 67 0 · 13 1 · 33 0 · 17 сл. 100 · 02	44.55 0.70 14.41 3.90 10.15 0.07 12.87 5.30 0.90 0.26 0.23 5.83 H. обн. сл. 99.17	45.30 1.25 11.39 3.11 8-82 0.20 16.95 8.61 1.25 0.27 0.21 3.20 н обн. м. опр. 100.56	45.50 1.05 12.42 1.29 9.86 0.22 16.32 8.90 1.60 0.37 0.22 2.64 H. Об ж. сл. 100.39	45.36 0.15 19.00 2.54 6.50 0.20 9.68 8.84 2.87 0.82 0.36 3.30 н. обн. сл. 99.62
	Кол	ичественн	о-минераль	ьный сост	aB		1404 N// 12
Кварц Плагиоклаз Амфибол Хлорит Эпидот Эпидот Рутил Сфен Магнетит Апагиг	1.0 2.0 84.0 11.0 2.0	72.0 20.0 3.0 5.0	22.0 5.0 64.0 2.0 5.5 1.5	30.0 66.0 3.0 0.5 0.5	$3.0 \\ 12.0 \\ 70.0 \\ 12.0 \\ 1.5 \\ 0.5 \\ 1.0 $	12.0 64.5 18.5 2.0 1.5 1.5	28.0 45.0 20.0 4.0 2.0

Опись анализов: 1—амфиболит апогаббровый, в 2 км к С от с. Мравян; 2 амфиболит меланократовый, 2,3 км ЮВ с. Ттуджур; 3—амфиболит аподиабазовый, частично эпидотизированный, 2,5 км Ю с. Ттуджур; 4—амфиболит апогаббровый, 1 км С с. Чкнах; 5—амфиболит апогаббровый, крупнозернистый, 3 км С с. Чкнах; 6—амфиболит крупнокристаллический, 1,3 км С с. Чкнах; 7—амфиболит среднезернистый, черный, 2 км ССЗ с. Анкаван.

Аналитики: пробы 1—7 Л. Н. Григорян, Н. Пилипосян, М. Г. Багдасарян ЦАЛ. НИГМИ

№№пп	8	9	10	11	12	13	14
№№ сбр.	2 3 67	2114	2647	2990	2360	2139	2679
SO, T IO_2 A I_2O_3 F e_2O_3 F eO MnO MgO CaO Na,O K ₂ O P ₂ C ₅ n. nn Sooщ	46.76 1.57 11.35 2.58 9.15 0.22 15.32 9.11 1.80 0.25 0.19 2.02 H. обн. сл.	46.77 0.93 13.85 3.60 7.35 0.19 12.16 10.98 2.50 0.31 0.09 1.26 H. обн с.л.	46.42 1.40 15.40 3.59 7.51 0.27 9.45 10.82 3.37 0.62 сл. 1.02 н. с бн. сл. сл.	46.70 2.30 15.41 5.46 7.72 0.10 5.74 12.71 2.50 1.40 0.29 0.49 H. обн. сл.	46.92 1.24 12.84 4.36 8.17 0.15 11.47 8.23 3.00 н. сб.г. 0.05 2.75 0.27 н. обн	47.00 1.69 18.40 12.19 3.45 0.19 2.52 6.47 5.30 1.10 0.14 1.69 H. обн. сл.	47.06 0.89 17.24 3.67 5.36 0.21 9.38 11.30 3.00 0.40 сл 1.66 H. обн. сл.
Сумма	100.32	99.99	99.37	100.82	99.48	100.41	1(0.17
	K	оличествен.	но-минера.	льный сос	тав	4	
Кварц Плагноклаз Амфибол Хлорит Эпидот Рутил Сфен Магнетит Апатиг	25.0 62.5 10.0 2.0 0.5	12.0 86.0 2.0	$ \begin{array}{r} 5.0 \\ 10.0 \\ 37.0 \\ 20.0 \\ 24.0 \\ \hline 3.0 \\ \hline 1.0 \end{array} $	12.0 35.0 40.0 12.0 1.0	28.0 58.0 12.0 0.5 1.0 0.5	12-0 52-0 10.0Bt 17.0 	32.0 35.0 32.0 1.0

таблицы Продолжение

Опись анализов: 8-амфиболит пятнистый, апогаббровый, 1,2 км на С от с. Чкнах; 9-амфиболит апогаббровый, 1,8 км С. с. Мравян; 10-амфиболит перемятый. 2 км СВ с. Меликгюх; 11-амфиболит из крупного останца в трондьемитах, в 2.5 км на Ю от с. М. Кишлак; 12-амфиболит апогаббровый, крупнозернистый, рутилоносный, 1,1 км на С от с. Чкнах; 13-амфиболит эпидотизированный, в 0.7 км СЗ с. Дзораглух; 14 амфиболит среднезернистый, 5,5 км СЗ с. Анкаван. Аналитики: пробы 8-11 Л. Н. Григорян, Н. Пилипосян, М. Г. Багдасарян ЦАЛ НИГМИ; 12-3. Гаспарян. ЦАЛ ИГН НАН, 13. 14-Л Н Григорян ЦАЛ НИГМИ.

Химизм амфиболитов представляется впервые на основании 20 полных силикатных химических анализов по материалам автора (табл. 5). Содержания окиси кремния ограничиваются в пределах 43-51%, что типично для меланократовых базальтов. В ряде проб (№№ 1, 2, 5, 6, 8) наблюдаются пониженные содержания глинозема (8-12%). при высоких содержаниях окиси магния (16-19%), характерные для базальтовых коматнитов. Первичная природа амфиболитов, согласно диаграмме Предовского-Симонена (рис. 1а), соответствует основным изверженным породам. По соотношению сумма щелочей-кремнезем (рис. 1б) амфиболиты (крестики) занимают поле базальта и пикробазальта преимущественно субщелочного характера. На диаграмме AFM амфиболиты группируются в толеитовом поле

Продолжение таблицы 5

N₂N₂ n n	15	16	. 17	18	19	20
№№ обр.	2551	2680	2739	2345	2470	2103
Si O_2 Ti O_2 Al ₂ O_3 Fe ₂ O_3 Fe ₂ O_3 Fe ₀ MnO MgO CaO Na ₂ O Na ₂ O Soo iii. Cymma	47.70 1.07 14.49 3.44 8.97 0.21 13.23 4.49 1.92 0.21 сл. 4.08 0.10 сл. 99.91	47.61 1.22 16.63 3.47 5.73 0.23 9.28 9.55 4.00 0.37 0.37 1.06 H. обн. 0.48 100.60	47.45 2.01 12.36 8.62 8.01 0.31 6.34 9.62 3.00 0.82 0.03 0.90 0.03 0.90 0.08 0.03 99.58	49.22 1.22 15.48 3.82 8.01 0.17 9.27 7.36 3.50 н. обн. н. опр. 2.15 0.48 0.01 100.69	45.70 0.59 18.60 3.17 5.30 0.17 7.29 15.79 2.00 0.35 0.15 1.60 н. обн. сл. 100.71	50.50 1.00 16.82 4.12 4.26 0.14 6.18 10.77 4.15 0.82 0.11 1.54 H. с бн. сл. 100.41
	I	Количественн о	о-минеральны	й состав		
Кварц Плагноклаз Амфибол Хлорит Сларит Сфен Магнетит Апатит	22.0 2.0 75.0 1.0 +	$ \begin{array}{r} 12.0 \\ 22.0 \\ 54.0 \\ \hline 9.0 \\ 3.0 \\ \end{array} $	50.0 43.5 2.0 4.0 0.5	$ \begin{array}{r} 13.0 \\ 41.0 \\ 22.0 \\ 21.0 \\ 2.0 \\ \hline \end{array} $	18.0 63.0 1.0 18.0**	35.0 41.0 20.0 2.5 1.5

Опись анализов: 15—амфиболит апогаббровый, амфибол-хлоритовый, в 3,5 км СВ с. Меликгюх; 16—амфиболит эпидотизированный, в 5 км СЗ с. Анкаван; 17 амфиболит среднезернистый, 1 км СЗ с. Зар (Кабахлу); 18—амфиболит пятнистый, рутилоносный, в 1 км на С от с. Чкнах; 19—амфиболит ороговикованный из перевала в 1,5 км к СВ от горы Тухманук; 20—амфиболит эпидот-актинолитовый, в 3,5 км СЗ с. Мравян.

*-в.т. ч. 2% мусковита. **-в т. ч. 17% карбоната. Аналитики: пробы 15—20 Л. Н. Григорян, Ф. Акопян, М. Арутюнян ЦАЛ НИГМИ.

(рис. Ів). Примечательны кучные скопления фигуративных точек на

этой диаграмме около составов коматиитов (К) и базальтов СОХ(М) с трендом дифференциации в толеитовом поле. Согласно нормативноминералогическому составу исходные базальты могли состоять из оливина, двух пироксенов и основного плагиоклаза с полным отсутствием кварцнормативных разностей базальтов (табл. 6). Согласно диаграмме Иенсена [6], пробы 1, 2, 5, 6 и 8 представляют собой базальтовые коматииты (рис. 1г), которые выявляются в разрезе Армяно-Иранского мезоконтинента впервые.

Геохимическая характеристика метабазальтовых амфиболитов докембрия также приводится впервые. Она основана на 97 количественноспектральных анализах на Ni, Co, V, Cu, Pb, Zn, выполненных в ВИРГ,



Таблица б

Нормативный минералогический состав исходных базальтов (эдуктов амфиболитов)

№№ пп	1	2	3	4	5	6	7
Q Pl Ne Cpx Opx Ol t.Mt Ap	41.62 12.00 5.65 37.62 2.60 0.50	26.33 31.01 5.14 29.52 3.25 0.75	41.67 7.48 45.89 2.19 2.45 0.32	41.90 3.80* 49.38 2.35 2.07 0.50	40.83 17.09 17.43 22.28 2.37 н.опр.	45.74 15.80 10.96 24.84 2.18 0.48	70.51 2.26 20 51 1.99 0.73
№№пп	8	9	10	11	12	13	14
Q Pl Ne Cpx Opx Oi t.Mt Ap	42.61 19.98 16.84 17.37 2.72 0.48	$51 \cdot 28 \\ 0.42 \\ 25.46 \\ 20.12 \\ 2.56 \\ 0.16 \\ 0.$	49.38 6.50 25.93 15.28 2.91	5.63* 47.62 3.67 31.39 7.30 3.72 0.67	53.46 17.22 9.59 16.31 3.25 0.17		59.48 2.86 20.75 14.51 2.40
№№пп	15	16	17	18	19	20	
Q PI Ne Cpx Opx O1 tMt Ap	47.09 4.91* 45.39 2.61	$59.94 \\ 4.57 \\ 16.42 \\ 15.76 \\ 2.54 \\ 0.77$	53.96 29.22 4.16 8.94 3.72	63.50 8.80 14.27 10.70 2.73	52.87 5.68 32.39 7.70 1.65 0.31	68.05 1.20 16.70 11.30 2.45A	

и на 50 приближенно-количественных анализах на 24 элемента, включая Cr, Nb, Y, Zr и др., выполненных в ИГН НАН. По усредненным значениям амфиболиты характеризуются следующими концентрациями элементов-примесей: Ni—304, Co—45, Cr—534, V—154, Cu—112, Pb—4,5, Zn—131, Y—7,2, Yb—1,2, Rb—5,2 Sr—180, Ba—140, Li—13, Sc—20. По этим данным, по составу амфиболиты близки к толеитовым базальтам COX типа E согласно [8, табл. 2] с несколько повы-

шенными значениями Ni и Sr и пониженными—Zr, что свидетельствует о более основном составе исходных базальтов.

Результаты геолого-петрологических исследований позволяют считать амфиболиты верхнепротерозойской анкаванской свиты кристаллического фундамента сочетанием базальтов и габбро с прослоями апофтанитовых черных кварцитов (палеояшм) и олистолитов мраморов и слюдяных сланцев. Химический состав и геохимические особенности подтверждают их изверженное происхождение за счет оливиновых толеитовых базальтов СОХ с заметной ролью базальтовых коматиитов и оливиновых габбро. Эти данные и наличие в них линз апогарцбур-

гитовых серпентинитов позволяют нам выделить в Армении вулканогенную серию офиолитовой ассоциации докембрия с коматиитовой тенденцией в качестве фрагмента океанической коры верхнепротерозойского Протетиса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Геолого-петрологическое исследование докембрийских вулканических формаций позволило выделить две различные, но одновозрастные палеовулканические серии верхнего протерозоя: 1) контрастнодифференцированную базальт-риолитовую серию окраинно-континентального (островодужного) типа и 2) базальтовую серию с коматиитовой тенденцией офиолитовой ассоциации совместно с ультрамафитами. Эволюция контрастной серии шла на сиалическом фундаменте, представленном высокометаморфизованным полиметаморфическим нижним структурным этажом среднепротерозойского возраста. Офиолитовая серия образовалась в обстановке спрединга дна океаничес-

кого, либо задугового бассейна и была затем обдуцирована на активную окраину (дугу).

Байкальский (пан-африканский) региональный метаморфизм, последовавший после аккреции островодужных и океанических вулканических областей, проходил в условиях фации зеленых сланцев и затронул в одинаковой мере как вулканиты контрастной серии, превратив их в порфиритоиды и порфироиды, так и офиолитовой серии с образованием амфиболитов.

Наличие на Цахкуняцком кристаллическом массиве сочленения двух различных физико-географических зон верхнего протерозоя на относительно небольшой площади в 600 кв. км может показаться событием исключительно малой вероятности. По-видимому, зоны конвергенции (коллизии, обдукции, трансформы) обладают определенным консерватизмом в ходе эволюции подвижных областей, поскольку плоскости сутур подобных сочленений крупных блоков земной коры уходят глубоко в мантию, сохраняясь в качестве своеобразных рубцов—корней гор. При последующих перестройках структурных планов и тектонических режимов отдельные части подобных сутурных швов могут сохраняться в виде срединных массивов и устойчивых

блоков фундамента в складчатом обрамлении.

Институт геологических наук НАН Республики Армения Поступила 30.VII.1993

Վ. Ա. ԱՂԱՄԱԼՑԱՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՄԻՆՉՔԵՄՔՐՅԱՆ ՀՐԱԲԽԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

Հայաստանի տարածքում մերկացող Հայ-Իրանական մեզոկոնտինենտի մինչքեմբրյան բյուրեղային Հիմքի ելուստը Հանդիսացող Ծաղկունյացի ղանգվածում կանաչ ԹերԹաքարային մետամորֆիզմի ենթարկված մինչև 21 2500 մետր հզորության հասնող հրաբխածին թերթաքարերի սկզբնական կազմի վերականգնումը ցույց է տալիս, որ նրանք ունեն բազալտի և ռիոլիտի կազմ առանց միջանկյալ տարատեսակների։ Բազալտները փոխվել են ալբիտ-էպիդոտ-ակտինոլիտային պորֆիրիտոիդի և ալբիտ-հորնբլենդային ամֆիբոլիտի, իսկ ռիոլիտները՝ քվարց-դաշտային շտապ-փայլարային պորֆիրոիդի։ Ամֆիբոլիտների մի մասը ունի բազալտային կոմատիիտի կազմ, որն առաջին անգամն է հայտնաբերվում Կովսաս-Միջին Արևելք ռեգիոնում։ Հրաբխականությունը տեղի է ունեցել միայն վերին պրոտերոզոյում, իսկ ավելի հին՝ միջին պրոտերոզոյի բարձր աստիճանի մետամորֆիզմի ենթարկված հաստվածքը զուրկ է հրաբխականությունից։

Ըստ Հրաբխականության բնույթի Ծաղկունյաց զանգվածի տարածքում առանձնանում են երկու տարբեր ֆիզիկո-աշխարհագրական մարզերի առաջացումներ։ Առաջինը՝ դա կոնտինենտալ հիմքի վրա կազմավորված կոնտրաստ-դիֆերենցված բազալտ-ռիոլիտային աղեղնային մարզն է, որը ներկալացված է պորֆիրիտոիդ-պորֆիրոիդ ներդաշնակ հաստվածքով՝ Ծաղկունյաց զանգվածի հարավային մասում, իսկ երկրորդը՝ դա օֆիոլիտային (օվկիանոսային) կոմատիիտ-բազալտային մարզն է՝ Ապարան-Հանջավանի մասում, ներկայացված ամֆիբոլիտներով և ուլտրամաֆիտներով։ Հետագա ակրեցիալի հետևանքով, օվկիանոսային կեղևը վրաշարժվել է աղեղի վրա և վերին պրոտերողոյում նրանք ենթարկվել են կանաչթերթաբարային մետամորֆիգմի։ Հրաբխածին ապարների մինչքեմբրյան հասակը որոշվում է 620 մլն. տարի Rb/St իզոքրոն բացարձակ հասակ ունեցող գրանիտո-գնեյսերով հատ-

V. A. AGAMALIAN

THE PRE-CAMBRIAN VOLCANISM IN ARMENIA

Abstnact

The characteristics of the Pre-Cambrian volcanism of the north-western margin of the Peri-Gondwana Iran-Armenian Mesocontinent are given on the example of the Tsakhkunyats crystalic massif of Armenia. On the basis of the detailed mapping and petrological reconstructions of the initial chemical and minerological compositions of the Pre-Cambrian metavolcanites, with the metamorphism being «removed», there are distinguished two separated palaeovolcanic areas of the Upper Proterozoic: a marginalcontinental area of distinctly differentiated basaltic-rhyolithic volcanism and an area of ophiolitic comatiit-basaltic volcanism.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Агамалян В. А. О выделении свиты аполипаритовых порфироидов в Арзаканском кристаллическом массиве — Изв. АН АрмССР, Науки о Земле 1968 т XXI. № 5, с. 25—30.
- 2. Агамалян В. А. Докембрий Армянской ССР.—В кн.: Геология Армянской ССР. т. 5, «Литология». Изд. АН АрмССР, Ереван: 1974. с. 9—57.
- 3. Агамалян В. А., Асланян А. Т., Багдасарян Г. П., Гукасян Р. Х. Области ассинтской и герцинской консолидации в кристаллическом основании структурно-22

формационных зон территории Армянской ССР – Докл. Кавказской рабочей встречи Межд. Проекта № 5 МПГК, 1982. с. 15—16.

- 4. Агамалян В. А. Мезозойский аккреционный комплекс (Апаранская серия) Цахкуняцкого хребта Армянской ССР.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1987, т. XL, № 2, с. 13—24.
- 5. Аракелян Р. А. История нижнепалеозойского вулканизма Армении Зап. Арм отд. ВМО. 1959, вып. 1, с. 21—28.
- 6. Багдасарян Г. П., Гукасян Р. Х. Геохронология магматических, метаморфических и рудных формаций Армянской ССР. Изд. АН АрмССР, Ереван: 1985, 291 с.
- 7. Богатиков О. А., Косарева Л. В., Шарков Е. В. Средние химические составы магматических горных пород. М.: Изд. «Недра», 1987.
- 8. Коваленко В. И. (ред.) Эволюция магматизма в истории Земли. Серия «Магматические горные породы». М.: Изд. «Наука», 1987, 438 с.
- 9. Котляр В. Н. Памбак. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1958, 228 с.
- 10. Паффенгольц К. Н. Геология Армении. Гос. изд. геол. лит. Мингео. СССР. М. Л., 1948, 895 с.
- 11. Паффенгольц К. Н. Очерк магматизма и металлогении Кавказа. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1970, 434 с.
- 12. Предовский А. А. Реконструкция условий седиментогенеза и вулканизма раннего докембрия. Л.: Изд. «Наука», 1980.
- 13. Ритман А. Устойчивые минеральные ассоциации изверженных пород М.: Изд. «Мир», 1975, 228 с.
- 14. Трондьемиты, дациты и связанные с ними породы. Под ред. Ф. Баркера М.: Изд. «Мир», 1983, 488 с.
 - 15 Irvin T. N. and Barager W. R. A., 1971, A guade to the chemical classification of the common volcanic rocks. Can. Journ. of Earth Sciences. vol. 8. p. 523-548.
- 16 Jensen L. S. A new cation plot for classifying subalkalic volcanic rocks. Ontario Dep. of Mines, Miscelaneous Paper 66, 1976.
- 17. Stoklin J. Orogeny and Evolution in the Middle East. In: Tectonics of Asia, 27-th Intern. Geol. Congr. Coll. 05, Rep., v. 5, «Nauka», Moskow, 1984, 65-84.