

В. А. АГАМАЛЯН

## ДОКЕМБРИЙСКАЯ УЛЬТРАМАФИТОВАЯ ФОРМАЦИЯ ФУНДАМЕНТА АРМЯНСКОЙ ССР

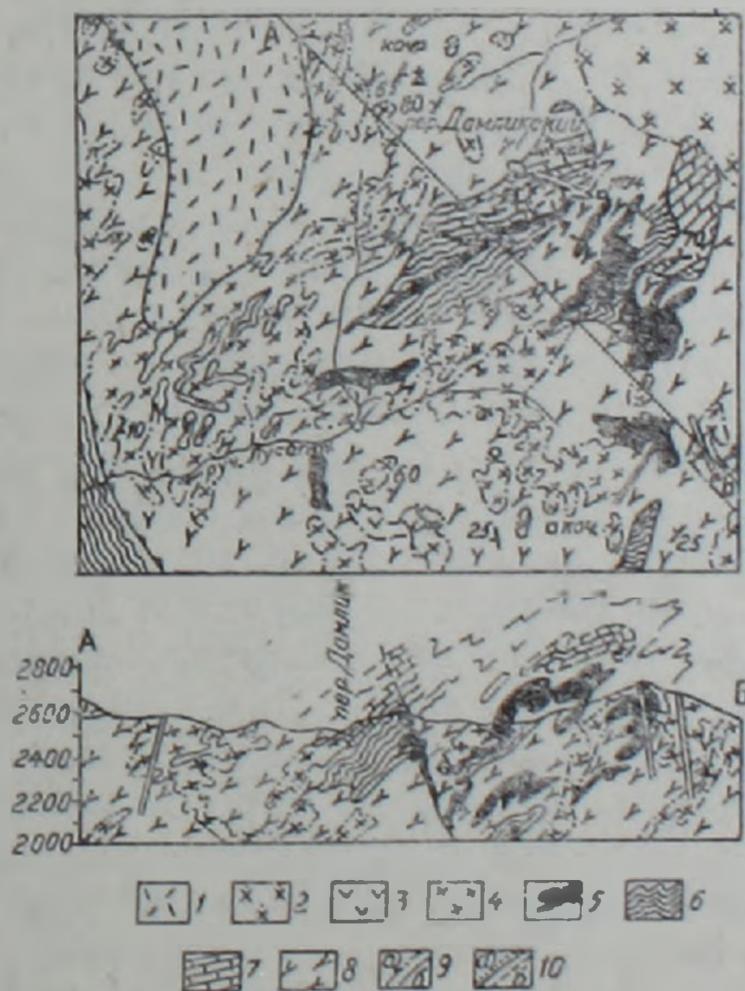
Приводится обобщающая геолого-петрологическая, а также петрофизическая характеристика докембрийской ультрамафитовой формации, представленной преобладающими апогарцбугитовыми серпентинитами с подчиненными апопироксенитовыми стеатитами и тремолитолитами, образованными в результате *изохимического* метаморфизма альпийотипных гипербазитов Протетиса в фации зеленых сланцев.

Ультраосновные породы являются важнейшими индикаторами геодинамических режимов эволюции земной коры. Из числа известных в литературе девяти различных генетических типов ультрамафитов лишь альпийотипные гипербазиты относятся к офиолитовой ассоциации, возникшие в нижней части новообразованной океанической коры в зонах спрединга и обдущированные в дальнейшем на континентальное основание [6].

Краткие сведения о наличии серпентинитов в двух пунктах древнего метаморфического комплекса Цахкуняцкого хребта (Дамликский и Агверанский массивы) приводились В. Н. Котляром [7] и Г. П. Багдасаряном [4]. Наши специальные геолого-петрологические исследования выявили широкое развитие ультраосновных пород в выступах кристаллического фундамента АрмССР (более 20 выходов) [1].

*Геолого-структурная позиция.* Пункты распространения наиболее крупных выходов ультрамафитов Цахкуняцкого выступа кристаллического фундамента были приведены на ранее опубликованной карте [3]. Группа массивов Дамлик состоит из шести линзовидных тел, в целом конформного со сланцами залегания, размером от 50 м до 1 км в длину при ширине от 15 до 300 м (рис. 1). Представлены серпентинитами

Рис. 1. Геологическая карта группы массивов Дамлик. 1—средний плиоцен, перлиты и обсидианы техенинской свиты, 2—неоком, тоналиты Анкаванского интрузива. 3—средняя юра, микрогаббродиабазы апаранской серии. 4—8—докембрий, верхний рифей, 4—тронджемитовая формация. 5—ультрамафитовая формация: серпентиниты и сопутствующие стеатиты и листзенинты. 6—апофтанитовые кристаллические сланцы—графитоносные слюдяно-кварцитовые. 7—мраморы, 8—амфиболиты. 9—контакты: а) эруптивные. б) стратиграфические. 10—а) несогласное наложение, б) тектонические нарушения.



пятнистой текстуры, фиолетово-черного цвета на изломе и с блестящими зеленоватыми табличками бастита, а на выветрелой поверхности—местами белесые с темными жилками (рис. 2, а). Контакты с вмещающими амфиболитами протрузивно-тектонические с зеркалами скольжения и штриховкой на светлой тальк-тремолитовой корке ультрамафита. Прорываются тронджемитами докембриа с образованием красновато-желтых тремолито-тальковых стеатитов за счет серпентинита. Обе по-

роды в свою очередь прорываются посткинематическими дайками микрогаббродиабазов нижнего байоса. На гребне отрога к северу от с. Мразян расположен небольшой массив Касах размером  $125 \times 60$  м, который имеет линзовидную форму, вытянут в меридиональном направлении по сланцеватости вмещающих амфиболитов. Сложен серо-зелеными антигоритовыми серпентинитами, переходящими к периферии массива в светлые серо-желтые тремолитовые и тальк-тремолитовые сланцы. По всей своей массе выход перемят в сильно сплюснутые линзовидные обособления—будины размером  $50 \times 10$  см близвертикального падения. Промежутки этих будин часто заполнены охристо-зеленоватой смесью магнезита и серпентина. К периферии выхода породы сменяются желтым купюккристаллическим мономинеральным тремолитолитом спиновидно-лучистого сложения с кристаллами до 5 см. Снаружи выход оторочен светло-серыми серпентин-тремолитовыми сланцами плейчатого спутанно-волокнистого сложения. Прорывается нерассланцованным телом дайкообразной формы мощностью 1,2 м, сложенным своеобразной титаномагнетит-клинохлоровой породой черного цвета с многочисленными идиоморфными выделениями титаномагнетита размером до 5 мм, составляющими более 30% объема, и мелкими кристаллами апатита в черной афанитовой массе мягкого клинохлора (обр. 2100). Она по химическому составу соответствует гиперстенному шпинелиту (см. табл. 1), не имеющему своих аналогов в АрмССР и на Кавказе.

Сравнительно крупное тело ультрамафитов (массив Шахъель) размером  $1 \times 0,5$  км тектонически прорывает мраморы верхней серии в истоках р. Даллар на гребне Цахкуняцкого хребта. Сложен темно-серыми серпентинитами хризотилового и хризотил-антигоритового состава, массивного, но трещиноватого сложения, с поверхности покрытыми красно-бурными, желтыми и фиолетовыми натекками. К периферии массива серпентиниты переходят в светлые зеленовато-серые тремолитовые серпентиниты, стеатиты, тальк-тремолитовые сланцы и бурые кремнево-магнезитовые листвениты.

В экзоконтактовых ореолах неокомских интрузий серпентиниты переходят в кремнево-карбонатные листвениты с реликтами серпентина, в тальк-карбонатные и тальк-тремолитовые породы, как это имеет место на западной окраине с. Анкаван (массив Анкаван). Кроме того, здесь на непосредственном стыке с тоналитами неокома по ультрамафитам развита мономинеральная антофиллитовая порода. В зонах гидротермальных метасоматитов рудного поля Анкаванского медно-молибденового месторождения ультрамафиты превращены в бурые и серые кремни и легкие опалиты светло-серого цвета.

Ряд небольших тел в разных частях кристалликума в виде линз и полос развит в толще амфиболитов, маркируя плоскости срывов, очевидно по границам пластин, чешуйчато надвинутых друг на друга. Так, ультраосновные породы в местечке Сарыкая расположены по стыку амфиболитов и залегающих выше слюдяных сланцев в виде пластообразного тела мощностью 25 м и по простиранию прослеживаются на 150 м согласно со сланцеватостью вмещающих пород докембрия. Имеют зональное строение: в ядре сохранились желто-бурые будины серпентинита, облегаемые голубовато-белыми купюкчешуйчатыми тальковыми сланцами и тальк-карбонатными лиственитами, переходящими в серо-зеленый апотремолитовый мрамор. На расстоянии 100 и 200 м от первого имеются еще два тела ультрамафитов, размером  $50 \times 50$  и  $5 \times 10$  м соответственно, сложенные одни—мелкими тальковыми сланцами, другой—крупнозернистой хлорит-тремолитовой породой. Кроме того, часть тел ультрамафитов вжата в сланцы по разломам, например, небольшое тело  $50 \times 35$  м с востока под седловиной двуглавой вершины г. Дамлик тектонически внедрено в крутопадающую трещину в сланцах и прорвано плагиогранитами. Более мелкие линзы в разных участках кристалликума обычно сложены тремолитолитами, либо антигорит-тальковыми или тальк-тремолитовыми породами.

Таким образом, описанные ультрамафиты являются до- и синкинематическими образованиями, подвергшимися метаморфизму совместно с вмещающими породами кристаллического фундамента Армянской ССР в тесной ассоциации с амфиболитами, апофтанитовыми кварцитами и мраморами, с которыми проявляют протрузивно-тектонические соотношения без признаков эруптивных контактов.

*Петрографическая характеристика ультрамафитов.* Ультраосновные породы кристаллического фундамента Армянской ССР можно классифицировать следующим образом: 1. Серпентиниты: а) хризотил-овые; б) антигоритовые; в) оталькованные; г) тремолитовые. 2. Стеатиты: а) тальковые, б) серпентин-тальковые, в) тремолит-тальковые. 3. Тремолитолиты: крупнозернистые массивные и тремолитовые сланцы. 4. Антофиллитолит. 5. Листвениты кремневые, карбонат-кремневые и карбонатные (апосерпентинитовые мраморы). Особняком стоит посткинематическая (нерассланцованная) апатит-титаномагнетит-клинохлоровая порода, секущая серпентиниты и сланцы.

Среди ультрамафитов преобладают серпентиниты (80%), в подчиненном развитии находятся тремолитолиты (15%), стеатиты (3%) и листвениты (2%). Количественно-минеральный состав ультраосновных пород приводится в графическом виде на рис. 3а.

Ниже дается краткая петрографическая характеристика пород.

*Серпентиниты.* Хризотил-овые серпентиниты имеют массивную афанитовую текстуру, черную и темно-серую окраску. Под микроскопом имеют мелкочешуйчатую петельчатую структуру (рис. 2а), которая складывается из почти изотропного серпофита ( $n=1,555$ ), занимающего ячейки, огибаемые изогнутыми фибролами хризотила ( $n_m=1,550$ ) поперечно-волокнутого строения (одноосный, положительный, прямое погасание, положительное удлинение, двупреломление 0,008, относится к  $\alpha$ -хризотилу). Выделяются на этом фоне призматические псевдоморфозы бесцветных листочков бастита размером 0,5—1,5 мм ( $2V=-40^\circ$ , двупреломление 0,003—0,005, удлинение положительное). Хромшпинеллид размером до  $3 \times 1$  мм, обычно непрозрачен из-за метаморфизма, реже просвечивает желтоватым цветом и окружен венцом «протосерпентина». Вторичный магнетит, выделившийся при серпентинизации, образует рассеянную тонкую вкрапленность с тенденцией к образованию линейных скоплений, часто соединяясь в перекрещенно-сетчатый узор, реликтовый от первичной полигональной структуры исходного гипербазита.

Приведенный «исходный» структурный рисунок сохранился только местами. Обычно присутствуют мелкие чешуйки антигорита, который развивается по фибролам хризотила и микрозонам смятия. При смятии породы изотропный серпсфит «ячеек» раскристаллизовывается в хризотил второй генерации, волокна которого прирастают к фибролам раннего хризотила с образованием широких перьевидных фиброл. Развиваются поперечно-чешуйчатые жилковидные выделения асбеста, представленные водяно-прозрачным  $\gamma$ -хризотилом с отрицательным удлинением и более высоким двупреломлением и показателем преломления.

Хризотил-антигоритовые серпентиниты развиваются в результате усиления деформаций с развитием петельчато-решетчатой и перекрещенно-чешуйчатой структур (рис. 2б). Из участков развития антигорита рудная пыль отжимается в реликтовые хризотил-серпофитовые участки.

Антигоритовые серпентиниты являются значительно более крупночешуйчатыми, с кристаллами до 1,5—3 мм и имеют радиально-лучистую и перекрещенно-чешуйчатую, местами пламеневидную структуры. Магнетитовая пыль отжимается в отдельные скопления, обычно в тесном срастании с тальком и карбонатом. Антигорит развивается за счет петельчатых хризотил-серпофитовых агрегатов, имеет  $N_g=1,570-76$ ,  $N_m=1,563-65$ ,  $N_p=1,562-63$ , прямое погасание,  $2V=-39^\circ$ ,  $N_g - N_p=0,07$ .

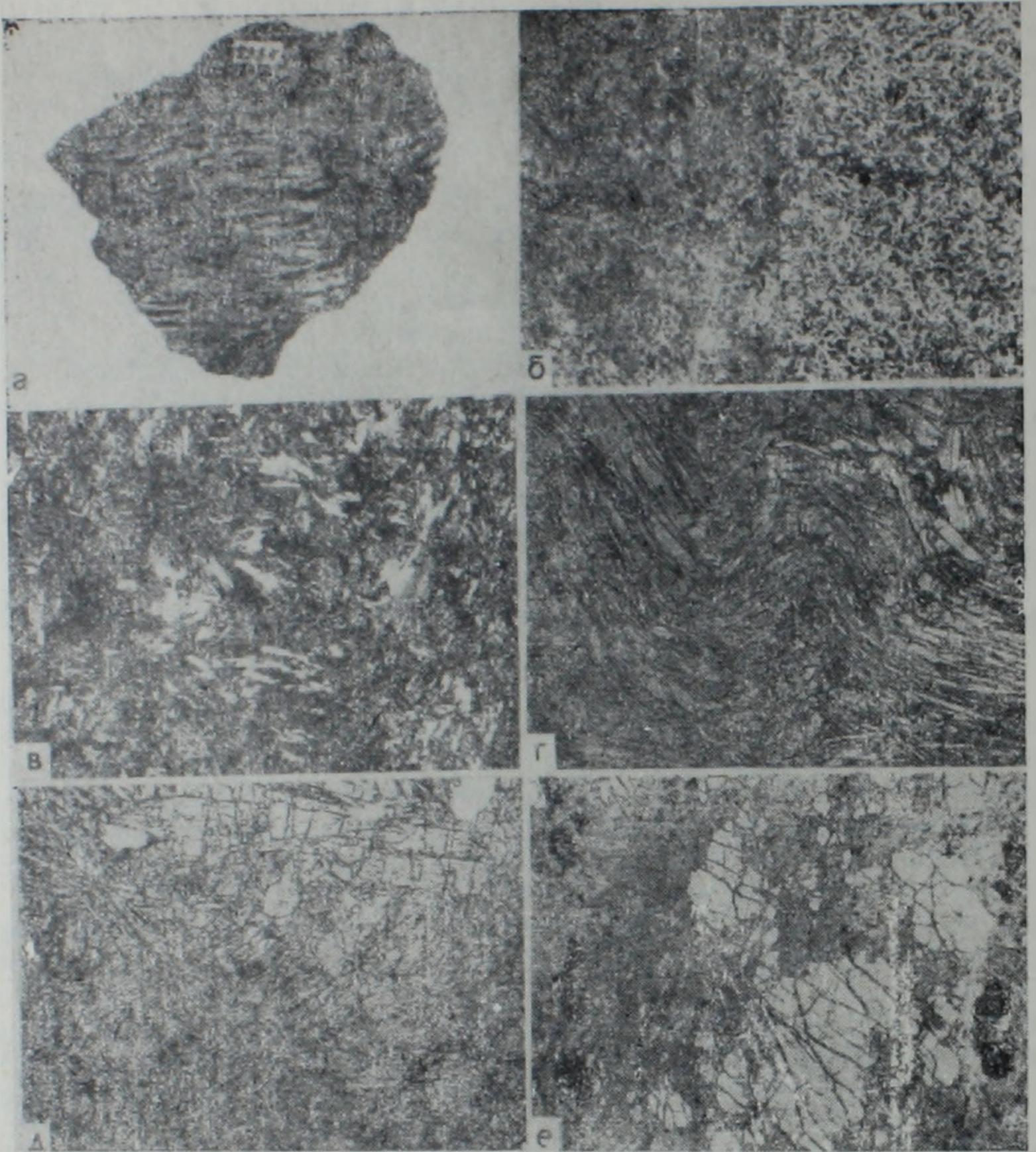


Рис. 2. Текстуры и структуры докембрийских ультрамафитов.

а) Штуф хризотилового серпентинита, 1/4 nat. величины. (б-е) Микрофотографии прозрачных шлифов. б) Серпентинит хризотильный, левая часть б/а с заметной вкрапленностью вторичного магнетита, правая часть шнк. X показывает петельчатую структуру и массивную текстуру; ув. 40X.

в) Хризотил-антигоритовый серпентинит с радиальными выделениями антигорита, замещающими мелкочешуйчатый хризотил, ув. 40X, шнк. X

г) Тремолитовый сланец, плейчатый, образованный механическим поворотом кристаллов тремолита без пластических деформаций, ув. 40X, б/а.

д) Антофиллитовая порода, состоящая из радиальных и сноповидных агрегатов антофиллита, ув. 40X, б/а.

е) Апатит-магнетит-клинохлоровая порода. Трециноватые кристаллы апатита (белое) и зерна титаномагнетита (черное) в тонкочешуйчатой массе клинохлора (серое); титаномагнетит содержит включения апатита (справа).

При отальковании серпентинитов их структурный рисунок не нарушается, т. к. идет псевдоморфное замещение сначала фиброл хризотила, затем серпофита ячеек криптокристаллическим мелкочешуйчатым тальком, разрастаясь в конечном счете в сплошной микролепидобластовый агрегат талька. Наряду с этим, в экзоконтактных ореолах интрузий тоналитов наблюдаются избирательные крупночешуйчатые псевдоморфозы талька до 2 мм (по энстатиту), тогда как оливин замещен петельчатым агрегатом серпентина, а место клинопироксена занимают серпентин-карбонатные выделения.

Стеатиты представляют мягкие белые или голубовато-серые апогипербазитовые породы, состоящие из чешуек талька размером от 0,1

до 2 мм с примесью длиннопризматических кристаллов тремолита (до 20%), серпентина, карбоната. В некоторых случаях образуются мономинеральные крупночешуйчатые талькиты, которые могут иметь практическое значение. Вкрапленность магнетита отсутствует ввиду вхождения железа в состав талька и тремолита.

Тремолитолиты—обычно мономинеральные крупнокристаллические массивные породы желто-зеленой окраски радиально-лучистого или сноповидного сложения с кристаллами до 10 см. Тремолит под микроскопом бесцветный, с оптическими свойствами:  $N_g = 1,643$ ,  $N_p = 1,615$ ,  $2V = -82^\circ$ ,  $c: N_g = 18^\circ$ , характерные для тремолита с 18% содержания ферротремолитовой составляющей. Характерно почти полное отсутствие вкрапленности рудного минерала, вошедшего в состав ферроактинолитовой составляющей. Замещает серпентиновые минералы. Тремолитовые сланцы отличаются плейчатой нематобластовой и фибробластовой структурой (рис. 2г). Могут содержать чешуйчатые агрегаты антигорита, талька, клинохлора и карбоната в промежутках кристаллов. При этом тремолит замещает серпентиновые минералы, находится в равновесии с тальком и клинохлором, но замещается карбонатом.

Антофиллитовая порода (первая на Кавказе) внешне желто-зеленоватая спутанно-волокнистая, под микроскопом имеет нематобластовую структуру (рис. 2д). Состоит из тесно уложенных бесцветных кристаллов антофиллита ( $C:N_g = 0$ , удлинение положительное,  $2V = -80^\circ$ ,  $N_g - N_p = 0,020$ ) размером до  $3 \times 1$  мм, в промежутках которых встречаются мелкие зерна кварца размером 0,2 мм не более 1%. Местами замещается тальком.

Листвениты развиты по зонам дробления и циркуляции гидротермальных растворов и обычно несут следы катаклаза и милонитизации, предшествовавших окремнению и карбонатизации. Под микроскопом часто проглядывается палимпсестовый петельчатый рисунок исходного серпентинита, нередко сохраняются хромшпинелид и реликты серпентиновых минералов. По тремолитолитам местами образуются псевдоморфные мраморы с полной сохранностью рисунка исходной нематобластовой структуры. Листвениты состоят из изотропного опала, радиально-лучистого халцедона, обычно перекристаллизованных в агрегат гранобластового кварца, пропитанного гидроокислами железа.

Исключительно редкая порода—апошпинелитовый апатит-титаномагнетитовый клинохлорит—обнаружена нами у с. Касах. Она, видимо, выпадает из сообщества пород ультрамафитовой формации докембрия, т. к. является нерассланцованным дайкообразным телом, секущим серпентиниты. Под микроскопом состоит из светло-зеленой тонкочешуйчатой массы клинохлора (66%) с выделениями бесцветных трещиноватых кристаллов апатита 7% размером до 2 мм ( $N_o = 1,635 \pm 2$ ,  $N_e = 1,652 \pm 2$ , 65%, хлорапатит) и 17% титаномагнетита размером до 3 мм (рис. 2е). Клинохлор имеет невысокое двупреломление (0,008), отрицательное удлинение, оптически одноосный, положительный, плеохроизм слабый,  $N_m = 1,604$ , состав: 50% антигорита, который, возможно, относится к кочубенту (Сг-клинохлор).

Таким образом петрографические исследования позволяют классифицировать ультрамафиты кристаллического фундамента как ортогипербазиты, подвергшиеся метаморфизму вместе с вмещающими кристаллическими сланцами докембрия.

*Петрохимия.* Рассматриваются 18 химических анализов, расположенных в порядке возрастания содержания окиси кремнезема (табл. 1), охватывающих главнейшие типы докембрийских ультрамафитов, охарактеризованные выше геологически и петрографически. Анализы пересчитаны по недавно предложенному методу устойчивых минеральных ассоциаций А. Ритмана [8] по специальному ключу для расчета возможных минеральных ассоциаций ультраосновных пород в «сухих» плутонических фациях. Метод позволяет непосредственно изобразить

исходный минеральный состав пород (виртуальная норма) в объемных процентах на классификационной диаграмме ультрамафитов по Штрекайзену (рис. 3в) общепринятой для унификации петрографической номенклатуры. Из числа анализов 14 выполнены по материалам автора и 4 анализа взяты из литературы. Пять проб оказались в поле гарцбургита (№№ 1—5), четыре — в поле лерцолита (№№ 6—9), 1 — в поле ортопироксенита (11), 4 — в поле вебстерита (№№ 13—15). Составление нормативного (рис. 3б) и модального составов показывает, что апогарцбургиты (№№ 1—5) это преимущественно хризотил-овые и хризотил-антигоритовые серпентиниты с баститом, а полерцолиты (№№ 6—9) — хризотил-антигоритовые серпентиниты с заметным со-

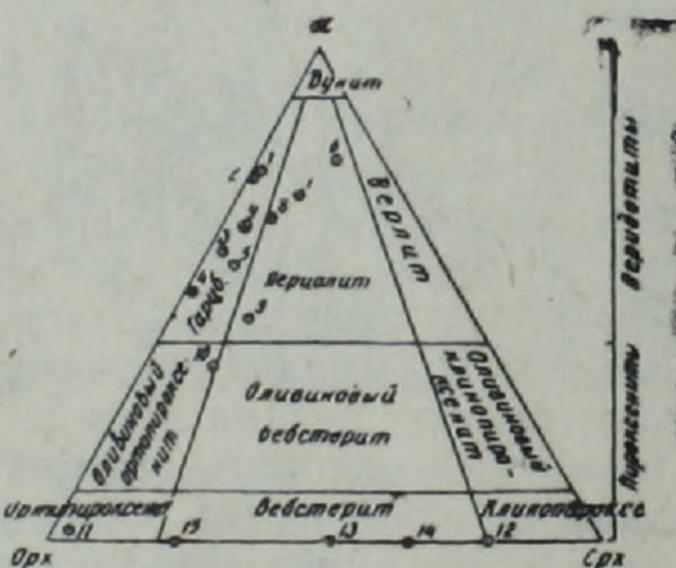
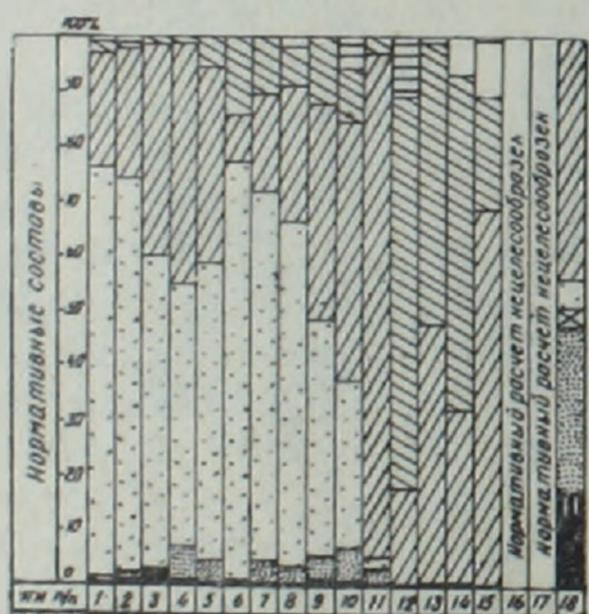
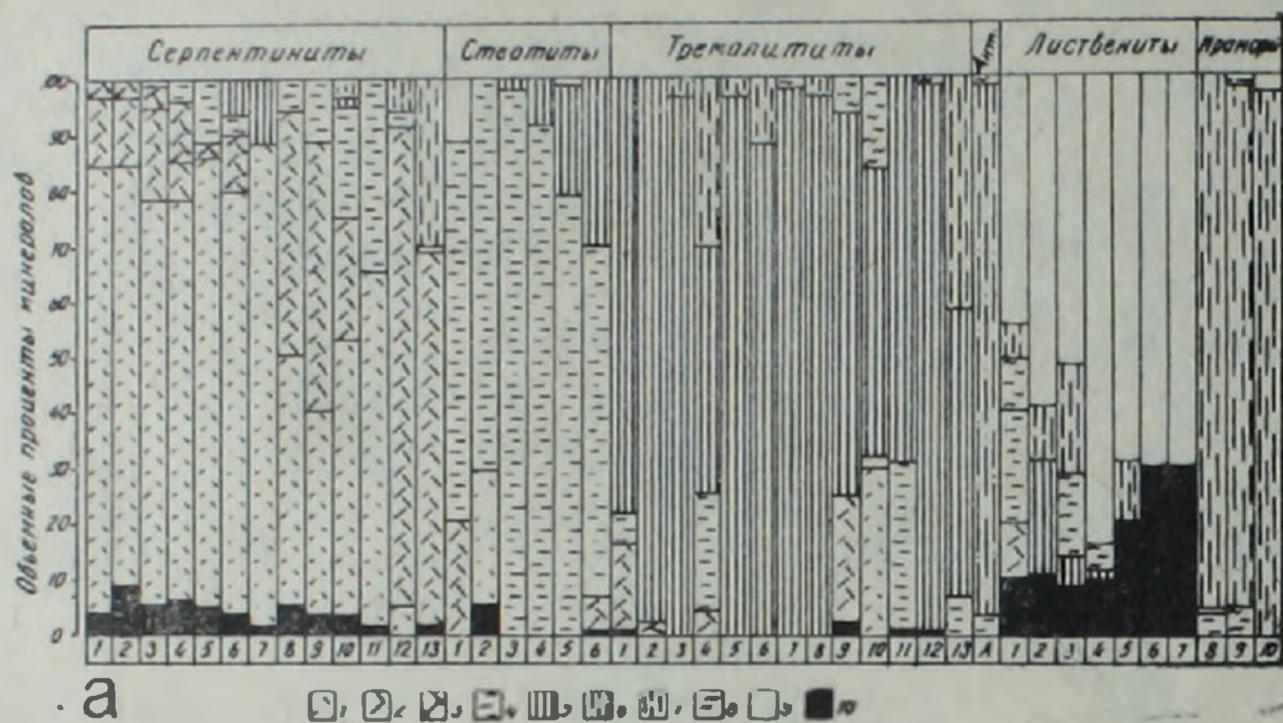


Рис. 3. Модальный и нормативный минеральный состав докембрийских ультрамафитов. а) Количественно-минеральный (модальный) состав ультрамафитов: 1—хризотил, 2—антигорит, 3—бастит, 4—тальк, 5—тремолит, 6—антофиллит, 7—карбонат, 8—хлорит, 9—кремь, 10—рудный минерал. б) Нормативный количественно-минеральный состав докембрийских ультрамафитов: 1—оливин, 2—ортопироксен, 3—клинопироксен, 4—шпинель, 5—магнетит, 6—ильменит, 7—ортоклаз, 8—апатит, 9—кварц. в) Классификация ультрамафитов докембрия Армянской ССР на диаграмме Штрекайзену по нормативному составу, пересчитанном из химанализов табл. 1 по методу Ритмана.

держанием талька, ортопироксенит—это хризотил-тальковый стеатит. Примечательно, что аповебстериты—это тремолитолиты, из них № 15—со значительным содержанием талька. Нормативный расчет лиственитов (№№ 16 и 17), как аллохимических образований, нецелесообразен. Чрезвычайно любопытный нормативный состав оказывается у апатит-титаномагнетитового клинохлорита (№ 18), имеющего необычный химический состав (табл. 1) с очень низким содержанием  $\text{SiO}_2$  и резко повышенными  $\text{TiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Как показывает пересчет, порода могла состоять из ортопироксена (44,7%), шпинели (30,4%) с примесью оливина (5,1%), замещенных ныне клинохлором с примесью серпентина и сохранившихся от замещения титаномагнетита (17,1%) и апатита

Таблица 1

Химические составы докембрийских ультраосновных пород Армянской ССР

№№ п п	1	2	3	4	5	6
№№ образцов	3208	2233	1105	1104	1386	1385
SiO	38,56	38,23	39,82	39,24	39,56	37,91
TiO	не обн.	0,13	1,20	0,20	сл.	сл.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,58	1,34	0,26	3,41	3,34	0,04
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	не опр.	не опр.	0,04	0,04	не опр.	не опр.
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,99	5,37	6,72	7,02	7,78	12,76
FeO	2,04	2,28	1,50	1,65		
MnO	0,23	0,22	0,36	0,39	не опр.	не опр.
MgO	39,58	39,50	37,08	35,20	36,92	36,44
CaO	0,28	0,20	0,58	0,48	0,84	1,24
Na <sub>2</sub> O	0,11	0,09	сл.	сл.	0,16	1,04
K <sub>2</sub> O	0,05	0,09	сл.	сл.		0,26
п. п. п.	11,37	12,12	11,96	11,38	11,52	11,03
CO <sub>2</sub>	не обн.	не обн.	сл.	не обн.	не опр.	не опр.
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07	0,15	0,12	0,12	не опр.	не опр.
-H <sub>2</sub> O	0,24	не обн.	0,83	1,39	не опр.	не опр.
Собщ	сл.	сл.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
Сумма	100,10	99,72	100,47	100,52	100,12	100,72

Нормативные составы по А. Ритману (в объемных процентах)

Оливин	74,1	70,8	56,7	47,7	53,2	75,4
Ортопироксен	21,5	23,6	37,5	43,8	36,1	8,4
Клинопироксен	1,9	1,1	2,4	1,4	5,7	14,5
Кварц	—	—	—	—	—	—
Ортоклаз	0,5	1,0	—	—	—	—
Шпинель	0,9	2,2	0,5	5,5	4,4	—
Хромит	—	—	0,1	0,1	—	1,7
Магнетит	0,9	0,8	0,7	0,1	0,7	—
Ильменит	—	0,2	1,7	0,2	—	—
Апатит	0,2	0,4	0,4	0,4	—	—

№№ п п	7	8	9	10	11	12
№№ образцов	3210	1—Н	3211	2—Н	2099	2801
SiO <sub>2</sub>	40,55	40,65	41,30	45,10	51,44	46,04
TiO <sub>2</sub>	не обн.	сл.	0,09	0,30	0,07	не обн.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,87	1,95	2,04	4,79	1,81	2,63
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	не опр.	не опр.	0,09	не опр.	0,23	не опр.
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,54	5,50	5,57	6,46	3,53	0,89
FeO	2,48	2,29	9,50	0,30	3,52	3,52
MnO	0,21	не опр.	0,18	не опр.	0,05	0,01
MgO	39,38	37,99	29,72	32,63	32,17	15,58
CaO	0,98	0,85	2,32	1,20	0,62	12,99
Na <sub>2</sub> O	0,60	0,34	0,20	0,75	не обн.	не обн.
K <sub>2</sub> O	0,05	0,27	0,05	0,71	не обн.	не обн.
п. п. п.	11,69	10,00	7,81	7,29	7,35	18,54
CO <sub>2</sub>	не опр.	не опр.	не обн.	не опр.	не обн.	не опр.
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,11	не опр.	0,16	не опр.	не обн.	0,05
-H <sub>2</sub> O	не обн.	не опр.	0,33	0,10	0,14	0,01
Собщ	сл.				0,01	0,01
Сумма	103,47	99,84	99,36	99,63	100,94	100,27

Нормативные составы по Ритману (в объемных % %)

Оливин	66,3	61,2	42,5	29,7	2,3	—
Ортопироксен	17,8	25,4	37,8	45,7	91,2	17,5
Клинопироксен	10,7	7,3	13,5	11,3	3,1	71,7
Кварц	—	—	—	—	—	10,1
Ортоклаз	—	2,3	0,5	6,1	—	—
Шпинель	3,9	3,0	3,8	5,8	2,4	—
Хромит	—	—	0,1	—	0,3	—
Магнетит	0,8	0,8	1,4	1,0	0,6	0,5
Ильменит	—	—	0,1	0,4	0,1	—
Апатит	0,4	—	0,4	—	—	0,2

№№ п/п	13	14	15	16	17	18
№№ образцов	2102	2101	2435	1103 <sup>a</sup>	2118 <sup>a</sup>	2100
SiO <sub>2</sub>	52,01	55,87	57,94	71,30	23,35	22,68
TiO <sub>2</sub>	0,09	0,07	не обн.	1,50	0,14	3,10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,83	2,48	1,10	2,70	1,27	17,11
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,17	0,19	не опр.	0,09	не опр.	0,06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,74	1,14	2,48	6,43	3,69	11,36
FeO	3,84	4,16	2,27	1,65	2,29	15,70
MnO	0,12	0,16	0,22	0,36	0,29	0,29
MgO	24,52	22,13	27,50	9,50	29,20	18,91
CaO	10,75	13,14	4,35	0,90	14,16	1,32
Na <sub>2</sub> O	не обн.	не обн.	0,15	сл.	0,19	не обн.
K <sub>2</sub> O	не обн.	не обн.	0,10	сл.	0,15	не обн.
п. п. п.	3,42	0,80	3,31	4,01	25,38	8,23
CO <sub>2</sub>	не обн.	не обн.	не опр.	не опр.	не опр.	не обн.
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	не обн.	не обн.	0,12	0,04	0,28
-H <sub>2</sub> O	0,06	0,01	0,11	2,53	не обн.	0,57
Собщ.	0,01	0,02	сл.	сл.	сл.	не обн.
Сумма	100,57	100,17	99,53	101,17	100,15	99,61

## Нормативные составы по Ритману (в объемных % %)

Оливин	—	—	—	—	—	5,1
Ортопироксен	47,4	31,7	67,7	—	—	44,7
Клинопироксин	51,0	60,2	20,8	—	—	—
Кварц	0,8	7,2	10,2	—	—	—
Ортсклаз	—	—	0,8	—	—	—
Шпинель	—	—	—	—	—	30,2
Хромит	0,2	0,3	—	—	—	0,2
Магнетит	0,5	0,4	0,4	—	—	12,5
Ильменит	0,1	0,2	—	—	—	4,6
Апатит	—	—	—	—	—	2,7

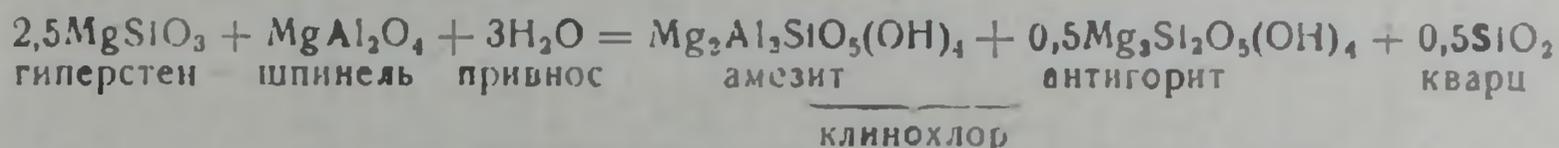
Опись анализов: 1—серпентинит хризотилловый, группа массивов Дамлик, тело III, аналитик Григорян Л. (НИГМИ), материал Агамалаяна В. А.; 2—серпентинит хризотилловый, группа массивов Дамлик, тело III, аналитик Филипосян (НИГМИ), материал Агамалаяна В. А.; 3—серпентинит хризотил-антигоритовый, массив Шахъель, аналитик Карапетян (АИСМ), материал Агамалаяна В. А.; 4—серпентинит бастит хризотилловый, массив Шахъель, аналитик Карапетян (АИСМ), материал Агамалаяна В. А.; 5,6—серпентиниты, массив Шахъель, по материалам Г. П. Багдасаряна [4]; 7—серпентинит антигоритовый, слабо оталькованный, группа массивов Дамлик, аналитик Багдасарян М. Г. (НИГМИ), материал Агамалаяна В. А.; 8—серпентинит, группа массивов Дамлик; 9—серпентинит тремолитовый, группа массивов Дамлик, аналитик Чаталян С. (ИГН АН Арм.ССР), материал Агамалаяна В. А.; 10—серпентинит, группа массивов Дамлик [4]; 11—серпентин-тальковый стеатит, массив Касах, аналитик Гаспарян З. (ИГН АН Арм.ССР), материал Агамалаяна В. А.; 12—тальк-карбонат-тремолитовая порода, Ахумский массив, аналитик Чахмахчян З. (ИГН АН Арм.ССР), материал Агамалаяна В. А.

13—серпентин-тремолитовая порода, массив Касах, аналитик З. Гаспарян (ИГН АН Арм. ССР), материал Агамалаяна В. А.; 14—тремолит, массив Касах, аналитик Гаспарян З. (ИГН АН Арм. ССР); материал Агамалаяна В. А.; 15—антигорит-тремолит-тальковый стеатит, группа массивов Дамлик, аналитик Арутюнян М. (НИГМИ), материал Агамалаяна В. А.; 16—лиственит актинолит-кварцевый, массив Шахъель, аналитик Карапетян (АИСМ), материал Агамалаяна В. А.; 17—карбонат-антигоритовая порода, массив Мравян, аналитик Филипосян Н. (НИГМИ), материал Агамалаяна В. А.; 18—апатит-магнетитовый клинохлорит, массив Касах, аналитик Гаспарян З. (ИГН АН АрмССР), материал Агамалаяна В. А.

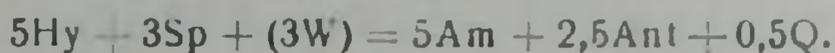
(2,7%). Поскольку никакие реликты ортопироксена и шпинели или их конфигураций не сохранились, то не исключается, что они входили в состав стекловатого мезостазиса, замещенного ныне клинохлором, а титаномагнетит и апатит слагали порфиновые выделения. Ввиду резко пониженных содержаний, либо отсутствия (ниже чувствительности)

щелочей во всех приведенных анализах ультрамафитов, в том числе и рассматриваемого клинохлорита, заметный метасоматоз исключается. Остается предположить, что мы имеем сверхглубинную выплавку шпинелевого перидотита мантии (?).

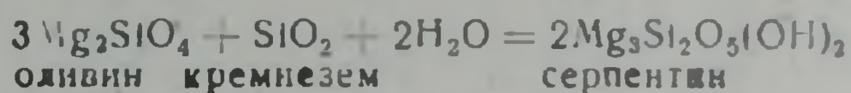
Преобразование гиперстена и шпинели в клинохлор можно объяснить следующей реакцией:



В атомных количествах реакция имеет вид:



Соотношение гиперстена и шпинели (5:3) близко к их соотношению в нормативном составе породы (44,7:30,4), что подтверждает возможность приведенной реакции. Небольшой избыток окиси кремния (0,5) в продуктах реакции мог быть израсходован на серпентинизацию исходного оливина (5,1%) по реакции:



*Геохимия.* Изучение поведения элементов-примесей в ультрамафитах кристалликума основано на 34 одновременных приближенно-количественных спектральных анализах, выполненных на материале автора на спектрографе ДФС—13 на 27 элементов на безборных углях в спектральной лаборатории ИГН АН АрмССР (рук. Г. М. Мкртчян). Поведение элементов группы железа и сопоставление с кларками графически изображено на диаграмме рис. 4.

Серпентиниты (апогарцбургиты) характеризуются вышекларковыми (для ультрамафитов) содержаниями хрома, близкларковыми, несколько пониженными содержаниями ванадия и никеля и пониженными содержаниями кобальта. Содержание никеля уменьшается с уменьшением содержания в породе хризотила (т. е. нормативного оливина). Процесс оталькования на 5—10% сопровождается понижением содержания никеля и кобальта, но мало отражается на концентрациях титана, ванадия и хрома. В то же время небольшая карбонатизация ведет к заметному повышению концентраций титана и ванадия и к одновременному падению содержания хрома, но не влияет на содержания никеля и кобальта.

Стеатиты выделяются пониженными содержаниями элементов группы железа.

Тремолитолиты (апопироксениты) аналогичны серпентинитам по поведению элементов группы железа с несколько пониженным содержанием хрома.

Антофилитовая порода (А) неотличима от апогарцбургитовых серпентинитов, что свидетельствует об изохимичности метаморфизма, по меньшей мере, в отношении элементов группы железа. Листвениты сохраняют общие геохимические черты ультрамафитов и только в кремнях содержание большинства элементов группы железа сходит на нет. Мраморы, образованные за счет ультрабазитов, несмотря на полное отсутствие первичных силикатов, сохраняют все их геохимические признаки: вышекларковый хром, близкларковый ванадий. Апатит-титаномagneтитовый клинохлорит (апошпинелит) по поведению рассматриваемых элементов группы железа приближается к основным породам.

Приведенные геохимические особенности, наряду с вышензложенными геолого-структурными, петрографическими и петрохимическими, характеризуют ультраосновные породы докембрия, несмотря на их метаморфизм, как альпийотипные гипербазиты, а клинохлорит отрывается от них и причисляется к основным породам.

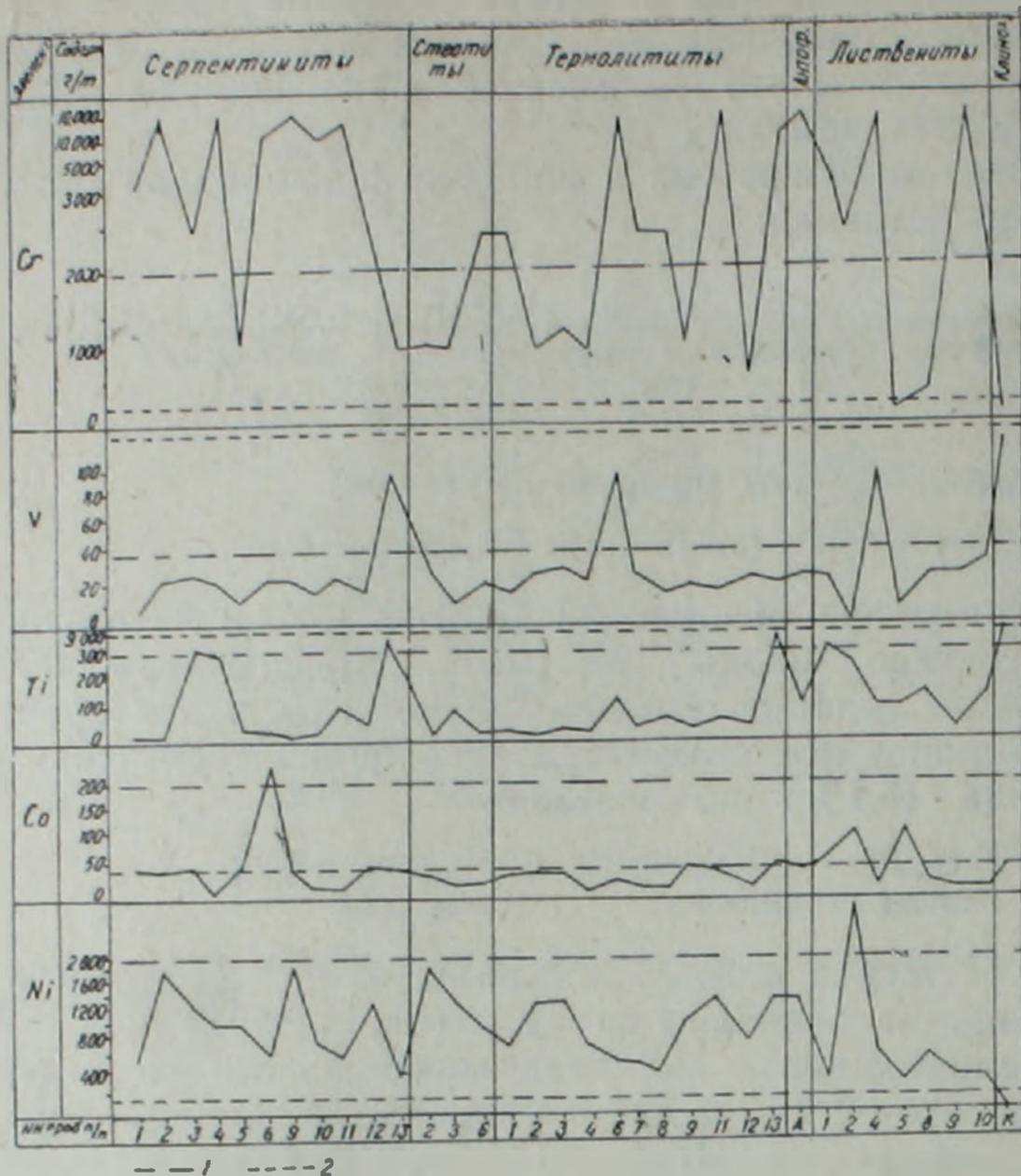


Рис. 4. Распределение группы железа в различных типах ультраосновных пород докембрийского фундамента. 1—кларк ультраосновных пород, 2—кларк основных пород по А. П. Виноградову.

Петрофизические особенности ультраосновных пород докембрия исследованы по 20 образцам, измеренным в лаборатории физ.-мех. свойств ВИРГ в Ленинграде Н. П. Каираловым. Проведены измерения плотности ( $\rho$ , г/см<sup>3</sup>), магнитной восприимчивости ( $\chi$ ,  $\cdot 10^{-6}$  СГС) поляризуемости или вызванной поляризуемости ( $\tau$ , %) и открытой пористости ( $n$ , %). Графическое сопоставление физических свойств с минеральным составом изображено на рис. 5. Наиболее четкая прямая связь наблюдается между содержанием серпентина и магнитной восприимчивостью пород. Последняя резко понижается при отальковании и тремолитизации, вследствие вхождения железа в состав талька и тремолита, тогда как в серпентините железо, ввиду невозможности вхождения в состав серпентиновых минералов, образует свободный пылевидный магнетит.

Плотность обратно пропорциональна содержанию серпентина. Средняя плотность серпентинитов по данным пяти образцов равняется 2,65 г/см<sup>3</sup>, причем тип серпентинового минерала (хризотил или антигорит) на плотность не влияет. Наибольшей плотностью обладают тремолитолиты (в среднем 2,84 г/см<sup>3</sup>), несмотря на их заметно высокую открытую пористость ( $n=4,35\%$ ). Листвениты имеют промежуточные значения плотности. Таким образом, различия в значениях плотности рассматриваемых пород также коррелируются с вариациями их минерального состава.

Значения поляризуемости ( $\tau$ ) наиболее высоки у ненарушенных хризотиловых серпентинитов (10,0 и 12,6%), в то же время у заметно рассланцованного серпентинита с потерей петельчатой структуры эта величина понижена на два порядка (0,1%). Очевидно, наибольшая поляризуемость свойственна породам, не претерпевшим существенных сквозных дифференциальных движений и перекристаллизацию с изменением формы минералов, а лишь подвергшимся псевдоморфным за-

мещением с сохранением формы. Это подтверждается также тем, что значения поляризуемости в одинаковой мере низки у тремолитов, стеатитов и лиственитов.

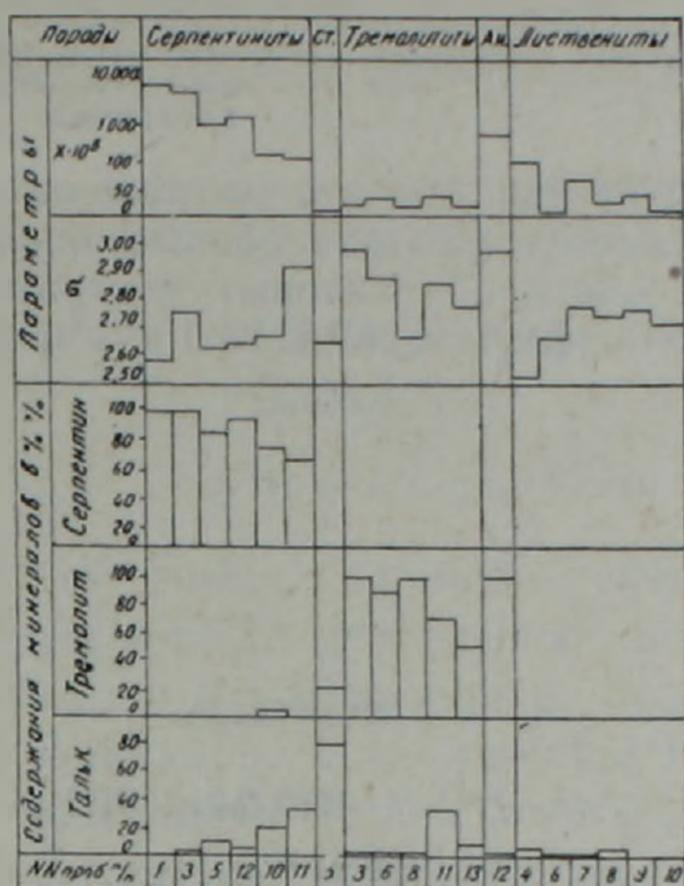


Рис. 5. Сопоставление физических свойств с минеральным составом различных типов ультраосновных пород кристаллического фундамента

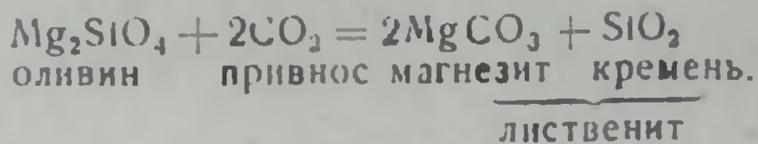
Таким образом, для ультрамафитов кристаллического фундамента можно принять следующие усредненные петрофизические значения: плотность— $2,67 \text{ г/см}^3$ , магнитная восприимчивость—свыше  $5.000 \cdot 10^{-6} \text{ СГС}$ . Значения поляризуемости и открытой пористости могут значительно варьировать в зависимости от степени деформированности и перекристаллизации, поэтому средние значения для них не приводятся.

При геофизических исследованиях ультраосновные породы фундамента наиболее эффективно могут быть прослежены лишь магнитометрическими методами, тогда как в гравитационном поле они по плотности будут неразделимы от гранитов и слюдяных сланцев.

На фоне тяжелых вмещающих амфиболитов и диабазов с плотностью до  $3 \text{ г/см}^3$  легкие серпентиниты с дефицитом масс до  $0,5 \text{ г/см}^3$ , при тектонических подвижках могут просто всплыть и давать протрузии, наблюдаемые ныне в фундаменте.

**Метаморфизм** ультрамафитов характеризуется минеральными парагенезисами: хризотил+антигорит+бастит; хризотил+антигорит+тальк; антигорит+(тальк)+магнезит; хризотил+тремолит. Парагенезис серпентин+тальк+тремолит+магнезит характерен для магнетитовых ассоциаций регионального метаморфизма кварц-альбит-мусковит-хлоритовой субфации фации зеленых сланцев, по Г. Винклеру устойчивой в температурном интервале  $360\text{—}390^\circ\text{C}$  [5]. Отличие условий образования хризотиловых и собственно антигоритовых серпентинитов обусловлено не температурой, а влиянием стресса, способствующего перекристаллизации lizardita, бастита и хризотила, образованных в статических условиях серпентинизации исходных гарцбургитов, с переходом в синкинематический антигорит. Образование тремолита обусловлено наличием в исходном составе ультрабазитов первичного клинопироксена, тогда как оталькование и образование стеатитов, как и антофиллита, вызваны термоконтактовым влиянием более поздних интрузий плагногранитов и тоналитов. Оталькование серпентинитовых минералов в равновесии с тремолитом определяет температуру уже около  $600^\circ\text{C}$ . Образование парагенезиса антофиллит+кварц на непо-

средственном контакте с тоналитами четко фиксирует температуру в 700°C [5]. Образование лиственитов обязано простому поступлению в гипербазиты углекислоты и протеканию реакции:



В заключение следует указать, что размещенные в докембрийском кристаллическом фундаменте ультраосновные породы близки с формацией альпинотипных апогарцбургитовых ультрамафитов и претерпели региональный метаморфизм совместно с вмещающими сланцами верхнего рифея.

Институт геологических наук  
АН Армянской ССР

Поступила 13.VII.1987.

Վ. Ա. ԱՂԱՄԱԼՅԱՆ

## ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԲՅՈՒՐԵՂԱՅԻՆ ՀԻՄՔԻ ՄԻՆԶԳԵՄԲՐՅԱՆ ՈՒՆԳՐԱՄԱՖԻՏԱՅԻՆ ՉՈՐՄԱՑԻԱՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ուլտրահիմքային կազմի ապարները հանդիսանում են երկրակեղևի վարդացման երկրադինամիկական պայմանների վերականգնման կարևոր գործոններից մեկը:

Հողվածում նկարագրված են ՀՍՍՀ մինչքեմբրյան բյուրեղային հիմքի կազմում բավականին մեծ տարածում ունեցող ուլտրամաֆիտային ֆորմացիայի ապարների երկրաբանական դիրքը, նրանց ապարագրական, քիմիական և տարրական կազմի առանձնահատկությունները, ինչպես նաև երկրաֆիզիկական դաշտերի վերծանման համար անհրաժեշտ ապարների ֆիզիկական հատկությունները:

Բյուրեղային հիմքի կազմում հեղինակի կողմից առանձնացված են ուլտրահիմքային ապարների ավելի քան 20 մարմիններ, որոնք շրջափակող թերթաքարերի հետ մեկտեղ ենթարկվել են մինչքեմբրյան մետամորֆիզմի:

Ըստ կազմի առանձնահատկությունների ուլտրահիմքային ապարները ստորաբաժանված են՝ սերպենտինիտների, տրեմոլիտիտների, ստեատիտների և լիստվենիտների, որոնք միմյանց նկատմամբ գրավում են որոշակի երկրաբանական դիրք և կապված են հաջորդական անցումներով:

Քիմիական կազմի հաշվարկման Ռիթմանի մեթոդի կիրառման շնորհիվ հաջողվել է վերականգնել մետամորֆիզմի ենթարկված ուլտրահիմքային ապարների նախնական միներալային կազմը, ըստ որի նրանք դասված են ալպինատիպ ուլտրամաֆիտների շարքին: Դա հաստատվում է նաև ապարների տարրական երկրաքիմիական կազմի առանձնահատկություններով:

Ֆիզիկական հատկությունների ուսումնասիրման շնորհիվ պարզված է, որ սերպենտինիտները՝ իրենց ցածր խտության սլատճառով (2,65 գ/սմ<sup>3</sup>) շրջափակող ավելի ծանր բազալտային կազմի (3,2 գ/սմ<sup>3</sup>) ապարների միջավայրում կարող են ենթարկվել ինֆարերաբար ընթացող պրոտրուզիայի նույն պատճառով, ծանրաչափական մեթոդներով նրանց դժվար է տարբերել նաև գրանիտոիդներից, և որպես նրանց առանձնացման արդյունավետ երկրաֆիզիկական մեթոդ կարելի է կիրառել մագնիսաչափությունը, քանի

որ սերպենտինիտները բյուրեղային հիմքի ապարների համեմատությամբ  
սժտված են ամենամեծ մագնիսականությամբ:

Նշված ուսումնասիրությունների արդյունքների և ամֆիբոլիտների հետ  
սերտ համակցության առկայության հիման վրա հողվածում եզրակացվում է,  
որ ուլտրամաֆիտային ֆորմացիան պատկանում է Պրոթեաիսի օվկիանո-  
սային կեղևին:

V. A. AGHAMALIAN

## THE ARMENIAN SSR FOUNDATION PRECAMBRIAN ULTRAMAFIC FORMATION

### A b s t r a c t

Carried out by the author detailed geological mapping as well as petrographical, petrochemical, geochemical and petrophysical investigations allow to establish the Precambrian ultramafic formation of the Balkalian crystalline foundation. It is presented by serpentinites, tremolites and steatites, which have formed as a result of of the Pro-Tethis alplnotybe harzburgites regional metamorphism.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Агамалян В. А. Ультрамафитовая формация, Байкальский тектоно-магматический этап.—В кн.: Магматические и метаморфические формации Армянской ССР. Ереван, Изд. АН АрмССР, 1981, с. 50—55.
2. Агамалян В. А. Магматические и метаморфические формации метаморфических комплексов Армянской ССР.—В кн.: Происхождение и эволюция метаморфических формаций в истории Земли, т. 3, Новосибирск; 1986, с. 89—91.
3. Агамалян В. А. Стратиграфия докембрия Армянской ССР.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1983, № 4, с. 26—39.
4. Багдасарян Г. П., Чибухян З. О. Основные петро-геохронологические особенности домеловых ультраосновных, основных и плагиогранитных интрузивов Цахкуняцкого антиклинория.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1976, № 1, с. 51—65.
5. Винклер Г. Генезис метаморфических пород. Изд. «Мир», М.; 1969, 247 с.
6. Колман Р. Г. Офиолиты. М.: Мир, 1979, 261 с.
7. Котляр В. Н. Памбак. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1958, 228 с.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1988, XI.1, № 4, 43—48.

УДК: 551.21 (479.25)

К. И. КАРАПЕТЯН

## ОСТЫВШИЕ ЕДИНИЦЫ АРАГАЦКОГО ТИПА

В статье дается характеристика своеобразных остывших единиц, выделяемых под названием остывшие единицы арагацкого типа. Их отличительными признаками являются: 1) трехчленное строение, выраженное в чередовании обычных и перерожденных игнимбритов; 2) нахождение перерожденных, игнимбритов в средней части единицы и их более кислый состав; 3) наличие в контактах между составляющими единицу игнимбритами зон смешения; 4) единый минеральный состав.

### I.

Термин «остывшая единица» был предложен Р. Л. Смитом в 1960 г. [12]. Необходимость нововведения возникла в результате первых обобщений по игнимбритовому вулканизму и определялась стремлением достигнуть более глубокого понимания этого явления и, в особенности, «механизма образования потоков» и «истории источников их изверже-