

УДК 549.621.14.

Ю. Г. ГУКАСЯН

ОЛИВИНЫ ИЗ ОСНОВНЫХ ЛАВ АРАГАЦКОГО  
ВУЛКАНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Оливин в ассоциации с пироксеном и плагиоклазом является главнейшим породообразующим минералом основных лав Арагацкого верхнеплиоцен-голоценового вулканического комплекса. Он образует зерна двух генераций—вкрапленники, размерами 0,2—0,7 мм, и лейсты в основной массе, величиною менее 0,1 мм.

К настоящему времени накоплен интересный фактический материал по химическому составу вкрапленников оливина из разновозрастных лав данного комплекса, результаты исследований которых излагаются ниже. Химизм вкрапленников оливина четко отражает первичный состав родоначальной базальтовой магмы и ход ее эволюции. Это обстоятельство позволяет нам сделать некоторые предварительные выводы об особенностях состава и эволюции первичного магматического расплава, с которым связано формирование серии основных лав Арагацкого массива.

Исследовались вкрапленники оливинов из девяти главных разновидностей андезито-базальтов и базальтов различных стратиграфических горизонтов вулканогенной толщи Арагацкого комплекса.

Микроструктурные особенности пород, из которых отобраны оливины, приведены в таблице 1; породы подразделены по отдельным этапам вулканизма, выделенным нами для Арагаца. Здесь приводятся парагенетические ассоциации и процентное содержание главнейших породообразующих минералов.

В шлифах оливин повсеместно представлен изометричными кристаллами с характерными ромбическими или четырехугольными сечениями, а также округлыми, овальными, слегка оплавленными зернами. Часто наблюдаются гломеропорфировые сростки его с плагиоклазом и пироксеном гипидноморфиозернистой структуры, где устанавливается одновременная их кристаллизация.

В лавах ранних излияний (I и II этапы) преобладают аллотриоморфные кристаллы оливина, величиною 0,2—0,4 мм, которые часто оторочены венцом опацизации. Некоторые интрателлурические вкрапленники (первая генерация) содержат точечные включения магнетита или гематита. По тонким трещинам в кристаллах слабо развиты характерные продукты постмагматического изменения—иддингсит или гидроокислы железа.

Оливины второй генерации, содержащиеся в основной массе, интенсивно преобразованы и замещаются почти нацело низкотемпературным вторичным веществом (иддингсит, гидроокислы железа).

Таблица 1

Ассоциации породообразующих минералов и микроструктурные особенности основных лав Арагацкого вулканического комплекса

Этапы вулканизма	№ образцов оливинов	Типы пород и их разновидности	Распространение	Структура пород	Вкрапленники и их количественные содержания, %
I	1	Двупироксеновый андезитобазальт	Каньон р. Амберд, у с. Бюракан, нижняя пачка	Полифировая, с гиалопилитовой основной массой	Лабрадор — 18,0 Авгит — 8,0 Гиперстан — 2,0 Оливин — 1,5
II	32	Двупироксеновый андезитобазальт	Каньон р. Амберд, у с. Антарут, верхняя пачка	Порфировая, олигофировая, с микролитовой и гиалопилитовой основной массой	Лабрадор — 6,5—7,2 Авгит — 2,9—3,7 Гиперстен — 1,8—2,0 Оливин — 0,4—0,6
	33	Двупироксеновый андезитобазальт	Каньон р. Касах, у с. Ошакан, верхний поток	Микропорфировая, с гиалопилитовой основной массой	Лабрадор — 9,2 Авгит — 2,2 Гиперстен — 0,5 Оливин — 2,7
	66	Авгит-оливиновый андезитобазальт	Южный склон массива, Базмабердский поток	Сернальнопорфировая, с микролитовой основной массой	Лабрадор — 9,0—12,0 Авгит — 2,5—4,0 Оливин — 2,5—3,0
III	57	Авгит-оливиновый базальт	Северный склон массива, лава вулкана Арич (Зиарат)	Порфировая, олигофировая, с гиалопилитовой, микродолеритовой основной массой	Лабрадор — 2,2—11,8 Авгит — 0,9—2,3 Оливин — 1,6—2,8
	60	Авгит-оливиновый базальт	Северный склон массива, лава вулкана Срагагат (Шиш-Тапа)	Олигофировая, с микродолеритовой, интергранулярной основной массой	Лабрадор — 4,5 Авгит — 3,3 Оливин — 1,2—1,8
	62	Авгит-оливиновый базальт	Северный склон массива, у села Манташ	Порфировая, с гиалопилитовой основной массой	Лабрадор — 10,5 Авгит — 3,5 Оливин — 3,0—3,5
IV	67	Двупироксеновый андезитобазальт	Южный склон, правый борт ущелья р. Амгур, лава вулкана Тиринкатар	Порфировая, с микролитовой, микродолеритовой основной массой	Лабрадор — 7,0—12,0 Авгит — 1,5—3,0 Гиперстен — 1,0—1,8 Оливин — 0,5—1,2
	21	Авгит-оливиновый андезитобазальт	Восточный склон, правый борт каньона р. Касах, лава Аштаракского потока	Порфировая, полифировая, с микролитовой, пилотакситовой, микродолеритовой основной массой	Лабрадор — 8,0—12,0 Авгит — 2,0—4,0 Оливин — 1,8—3,0

Фенокристаллы оливинов из лав поздних излияний характеризуются более крупными размерами (0,4—0,7 мм), идиоморфным обликом. Они почти не затронуты постмагматическими изменениями и в большинстве случаев совершенно свежие.

**Оптические свойства.** Оптические константы изученных оливинов, приведенные в таблице 2, в общем согласуются с химизмом и подтверждают принадлежность их к магнезиальным членам *Fo-Fa* изоморфного ряда.

На диаграмму (рис. 1), отражающую линейную зависимость между углом оптических осей, показателем преломления и составом синтетических магнезиально-железистых оливинов [5], нанесены оптические

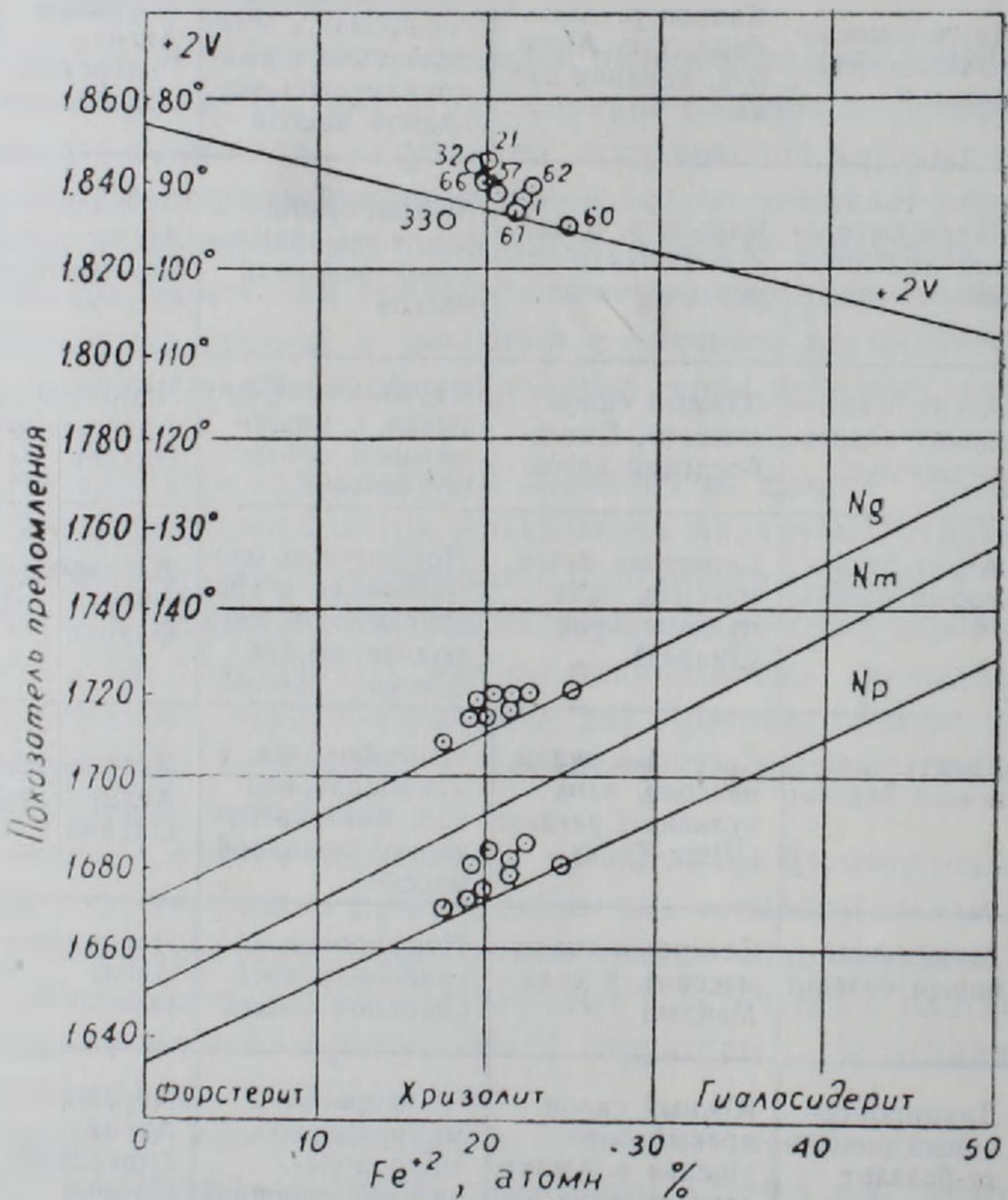


Рис. 1. Зависимость оптических свойств оливинов от их химического состава (номера кружков на диаграмме соответствуют таковым в табл. 1).

константы изученных оливинов. Как видно из диаграммы, величины  $2V$  и показателей преломления  $N_g$  и  $N_p$  данных оливинов, находясь в линейной зависимости от их составов, несколько отклоняются в сторону возрастания. Известно [2], что причиной таких отклонений в природных оливинах является присутствие ионов  $Mn$ ,  $Ti$ ,  $Fe^{+3}$  и других компонентов, изоморфно замещающих катионы  $Mg$  и  $Fe^{+2}$ .

**Особенности химизма.** Для определения составов оливинов выполнены полные силикатные химические анализы отобранных минералов. Результаты их и кристаллохимические формулы в пересчете на четыре атома кислорода, а также соотношения атомов  $Fe^{+2}$  и  $Mg$  и содержание форстеритового, фаялитового, ларнитового и тефроитового миналов приведены в таблице 2, из которой следует, что все изученные оливины—вкрапленники по химизму относятся к хризолиту с колебанием атомных процентов  $Mg$  от 75,5 до 82,2.

Содержание форстеритового минала составляет 74,4—80,8%, а фаялитового—19,4—24,2%. Весьма незначительны содержания ларнитового (0,2—1,2%) и тефроитового (0,1—0,6%) миналов, не имеющих существенного значения для химизма оливинов данного ряда.

По магнезиальности изученные оливины соответствуют таковым фенокристаллов щелочных базальтоидов и в ряду парагенетических типов, по М. Н. Ильвицкскому и Р. В. Колбанцеву [3], относятся ко второй группе—вкрапленникам, фракционировавшимся из базальтовой магмы.

В химическом составе оливинов из лав Арагацкого комплекса кроме главных компонентов участвуют также некоторые второстепенные или нехарактерные элементы ( $Fe^{+3}$ ,  $Al$ ,  $Ti$ ,  $Mn$ ,  $Ca$ ,  $Na$ ), невысокое содержание которых не является исключением для природных оливинов этого ряда.

Содержания окислов  $Al$  и  $Na$ , обнаруженных в составе оливинов, вероятно, связаны с явлениями постмагматических изменений.

Постоянное присутствие небольшого количества извести в составе оливинов и колебания ее содержаний, не совпадающие чаще всего с колебанием содержаний  $Al$  и  $Na$ , позволяют предполагать, что ионы  $Ca$  участвуют в структуре изученных оливинов и, ввиду близости ионных радиусов  $Fe^{+2}$  и  $Mg$ , изоморфно замещают последние. В пользу этого довода свидетельствуют исследования Сахамы Т. Г. и Хатёнена К. [8], Hatfield Т. и Richmond С. [7], В. В. Велинского и др. [1], которые показали, что существует форстерит-фаялитовый изоморфный ряд кальцийсодержащих оливинов.

Второстепенные по значению компоненты  $Ti$  и  $Mn$ , содержащиеся в изучаемых оливинах, вероятно, также изоморфно замещают катионы  $Fe^{+2}$  и  $Mg$  и вместе с  $Ca$  входят в шестерную координацию с кислородом в каркасе оливинов.

Намного более спорным является вопрос присутствия окисного железа, постоянно и в значительном количестве содержащегося в изученных оливинах. Установлено [4], что  $Fe_2O_3$  в значительном количестве (2,25%) может содержаться только в железистых оливинитах. В магнезиальных же членах, как в нашем случае, его присутствие в таком количестве правильнее было бы связывать с процессами окисления закисного железа при высокотемпературных позднемагматических процессах. Они, вероятно, имели место на поздних этапах фракционирования оливинов из магматического расплава, как это доказывают Nag-

Таблица 2'

Химический состав\*, кристаллохимическая формула и некоторые оптические константы оливинов

	1	32	33	66	57	60	62	67	21
<i>SiO<sub>2</sub></i>	38,39	38,80	37,20	38,40	38,37	37,55	37,32	38,86	38,30
<i>TiO<sub>2</sub></i>	0,25	0,20	0,03	0,13	0,16	0,22	0,09	0,20	0,14
<i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	0,65	0,40	1,19	0,20	0,48	0,36	0,60	0,52	0,42
<i>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	2,21	2,53	1,36	2,58	0,16	2,65	1,30	1,26	1,08
<i>FeO</i>	18,86	17,28	16,56	17,57	18,57	20,88	20,22	19,15	17,71
<i>MnO</i>	0,46	0,11	0,43	0,25	0,40	0,49	0,45	0,45	0,39
<i>CaO</i>	0,24	0,66	0,89	0,82	0,38	0,57	0,38	0,11	0,11
<i>MgO</i>	38,13	39,36	43,03	39,65	39,82	36,06	38,52	38,85	41,03
<i>Na<sub>2</sub>O</i>	0,15	0,10	0,18	0,10	0,12	0,30	0,12	0,15	0,15
<i>K<sub>2</sub>O</i>	сл.	—	0,06	—	0,06	не об.	—	не об.	не об.
<i>H<sub>2</sub>O<sup>-</sup></i>	0,20	—	не об.	0,03	—	0,15	—	0,07	0,25
ппп	0,76	0,73	не об.	0,70	1,21	0,80	1,42	0,64	0,81
Σ	100,30	100,17	100,93	100,93	99,73	100,03	100,42	100,26	100,39

Количество ионов в пересчете на 4 (0)

<i>Si</i>	0,995	0,998	0,947	0,989	0,998	0,987	0,979	1,003	0,986
<i>Al</i>	0,020	0,012	0,035	0,006	0,015	0,011	0,018	0,016	0,013
<i>Ti</i>	0,005	0,004	—	0,002	0,003	0,004	0,002	0,004	0,003
<i>Fe<sup>+3</sup></i>	0,043	0,049	0,026	0,050	0,003	0,052	0,026	0,024	0,021
<i>Mg</i>	1,474	1,509	1,625	1,523	1,544	1,413	1,506	1,495	1,574
<i>Fe<sup>+2</sup></i>	0,409	0,371	0,352	0,379	0,404	0,459	0,444	0,413	0,381
<i>Mn</i>	0,010	0,002	0,009	0,005	0,009	0,011	0,010	0,098	0,008
<i>Ca</i>	0,007	0,018	0,024	0,023	0,011	0,016	0,018	0,003	0,003
<i>Na</i>	0,008	0,005	0,009	0,005	0,006	0,015	0,006	0,007	0,007

Соотношение атомов

<i>Mg</i>	78,3	80,3	82,2	80,1	79,3	75,5	77,2	78,3	80,5
<i>Fe<sup>+2</sup></i>	21,7	19,7	17,8	19,9	20,7	24,5	22,8	21,7	19,5

Минералы

<i>Fo</i>	77,6	79,4	80,8	78,9	78,4	74,4	76,4	77,8	80,0
<i>Fa</i>	21,5	19,5	17,5	19,6	20,6	24,2	22,5	21,5	19,4
<i>La</i>	0,4	1,0	1,2	1,2	0,6	0,8	0,6	0,2	0,2
<i>Te</i>	0,5	0,1	0,5	0,3	0,4	0,6	0,5	0,5	0,4

Оптические данные

<i>Ng</i>	1,717	1,716	1,708	1,720	1,720	1,720	1,720	1,718	1,716
<i>Np</i>	1,684	1,671	1,667	1,683	1,785	1,682	1,685	1,680	1,671
<i>2V</i>	-88°	+86°	-84°	+88°	+90°	-86°	+88°	-86°	+86°

\* Анализы выполнены в химической лаборатории ИГФМ АН Укр. ССР аналитиками Гонедзинской Л. М. и Скрипник Г. А.

gerty Stephen E., Baker Jan [6]. Возможно, что свидетельством этих процессов могут быть точечные включения сростков рудных минералов в большинстве интрателлурических вкрапленников. Частичный переход закисного железа в окисное произошел также в низкотемпературных условиях (эффузивная стадия), что выразилось в появлении идингсита и гидроокислов железа по трещинам внутри кристаллов оливина. Как указывалось выше, эти процессы интенсивнее проявлены в оливи-

нах ранних этапов вулканизма, что отражается также в более высоком содержании  $Fe_2O_3$  в соответствующих образцах.

В составе изученных оливинов приближенно-количественным спектральным анализом зафиксированы также элементы-примеси, распределение которых отражено на рис. 2.

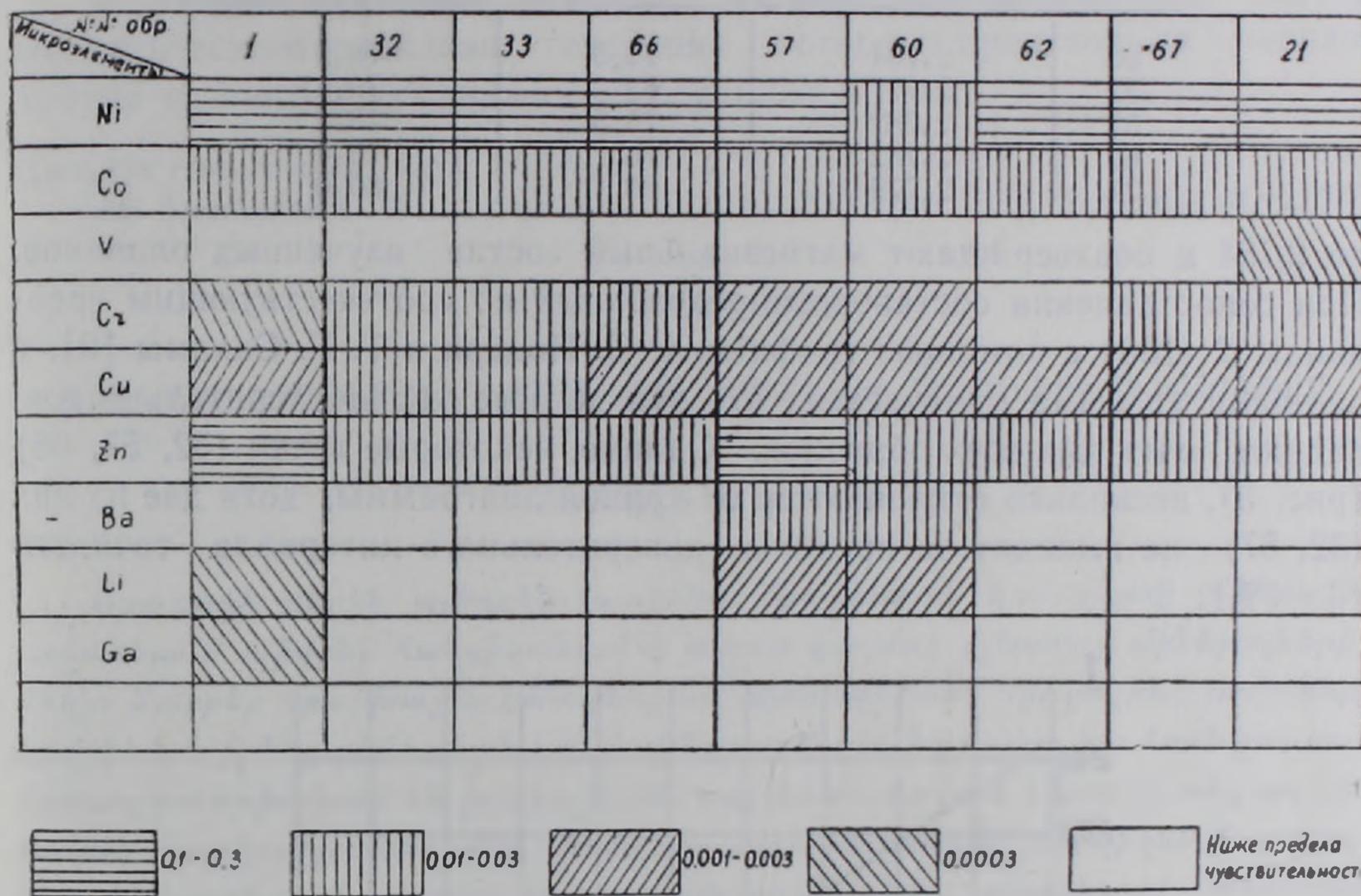


Рис. 2. Распределение микроэлементов в оливинах.

Данные таблицы показывают, что из элементов группы железа  $Ni$  и  $Co$  примерно в равных количествах обнаружены во всех образцах оливинов. Содержание хрома одинаково в оливинах андезито-базальтов второго и последнего этапов, а в оливинах базальтов его концентрация намного понижена, или он вообще отсутствует. Из металлических элементов констатированы только  $Cu$  и  $Zn$ , содержащиеся во всех образцах в пределах для  $Cu$  от 0,003 до 0,01 и для  $Zn$  от 0,03 до 0,1.

Изученные оливины практически лишены редких и рассеянных элементов. Незначительные содержания  $Ba$  и  $Li$  зафиксированы только в двух образцах оливинов из базальтов ( $Li$  в ничтожном количестве обнаружен также в оливинах андезито-базальтов начального этапа).

Рентгенометрические данные. Для описываемых вкрапленников оливина выполнено 5 рентгеновских анализов (рентгеноструктурная лаборатория ИГН АН Арм. ССР, аналитик Э. Х. Хуршудян), данные по  $d(130)$  которых и соответствующие величины форстеритовой молекулы помещены в таблице 3.

Образцы сняты на дифрактометре УРС-50 ИМ при режиме съемки: 30 кв, 10 ма, скорость ленты 1200 мм/час, скорость счетчика  $1^\circ$  в мин., область снятия углов  $2\theta = 27-35^\circ$ . Полученные результаты обнаруживают вариацию величин межплоскостных расстояний  $d(130)$  от 2,777

Таблица 3  
Результаты рентгенометрических определений и мол. % Fo.

№ обр.	Данные по рентгеноструктурным анализам		Данные по химическим анализам
	$d$ (130)	мол. % Fo	мол. % Fo
66	2,784	74,5	78,9
32	2,777	82	79,4
57	2,782	75,5	78,4
62	2,782	75	76,4
21	2,779	80	80,0

до 2,784 и подтверждают магнезиальный состав изученных оливинов. При сопоставлении составов, определенных по соответствующим величинам  $d$  (130) с помощью графика Х. С. Йодера и Т. Г. Сахамы [9], с данными химизма отмечается, что эти данные удовлетворительно совпадают почти для всех образцов. Однако, некоторые точки (32, 57, 66) (рис. 3), несколько отклоняются от кривой диаграммы, хотя две из них (32, 57) не выйдут за пределы доверительного интервала точности (3—4%).

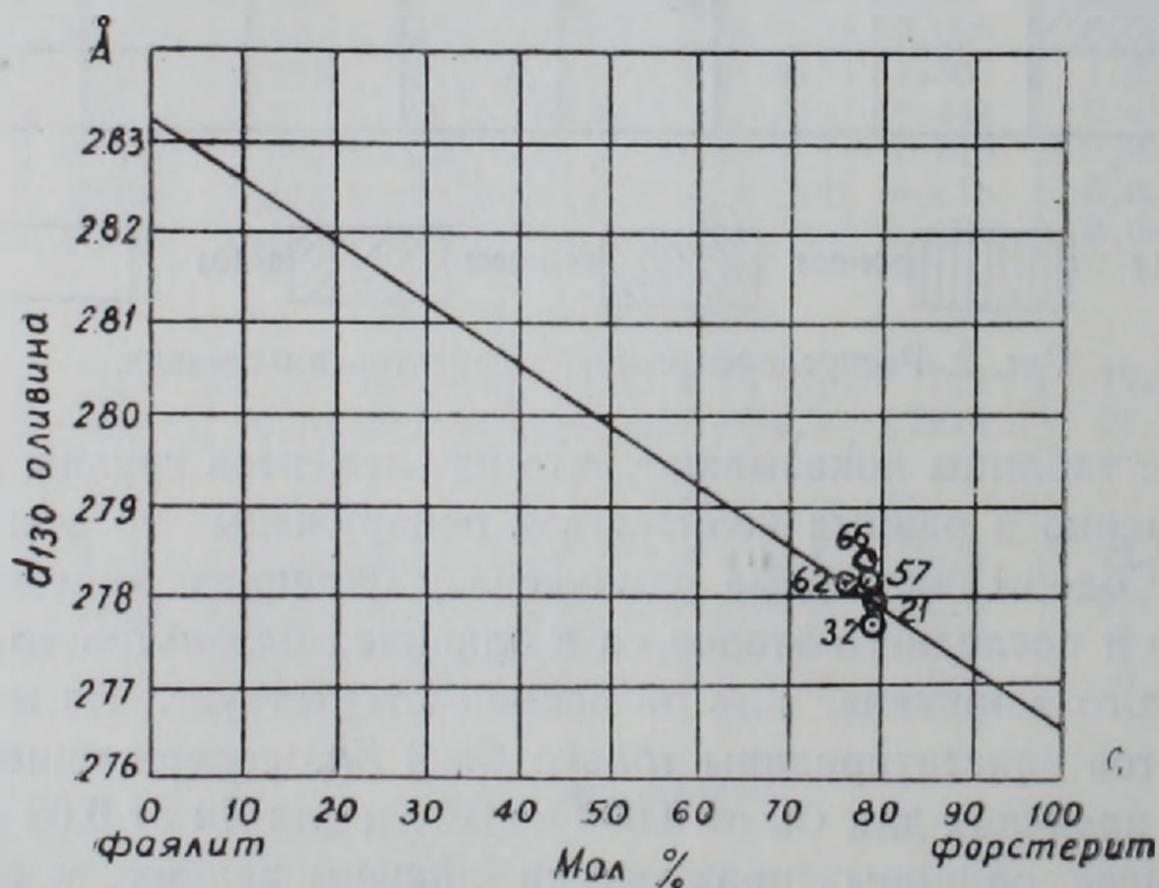


Рис. 3. Соотношения содержания форстеритовой молекулы оливинов и величин межплоскостных расстояний  $d$  (130).

Незначительное несоответствие величины межплоскостных расстояний и химического состава вышеотмеченных образцов, вероятно, связано с нахождением в составе описываемых хризолитов такого компонента, как  $Ca$ , что и отмечается в исследованиях В. В. Велинского и др. [1].

На основании проведенных исследований мы пришли к следующим выводам, что:

1. Оливины лав Арагацкого вулканического комплекса в изоморфном ряду  $Mg_2SiO_4—Fe_2SiO_4$  относятся к хризолиту с небольшим колебанием атомного процента  $Mg$  (75,5—82,2).

2. По химизму, оптическим свойствам и величинам межплоскостных расстояний  $d$  (130) оливины из лав различных этапов вулканизма существенных различий не обнаруживают, что может указывать на сходный состав редоначальной базальтовой магмы и примерно одинаковую степень ее фракционирования.

3. Химизм оливинов указывает на исходный базальтовый состав магматического расплава, генерация которого происходила неоднократно на примерно одинаковых глубинах.

Институт геологических наук  
АН Армянской ССР

Поступила 18.VI.1976.

### Յու. Գ. ՂՈՒԿԱՍՅԱՆ

## ԱՐԱԿԱՍԻ ՀՐԱԲԵԱՅԻՆ ԿՈՄՊԼԵՔՍԻ ՀԻՄՔԱՅԻՆ ԼԱՎԱՆԵՐԻ ՕԼԻՎԻՆՆԵՐԸ

### Ա մ փ ո փ ո լ մ

Արագածի վերին պլիոցեն-հոլոցենի հրաբխային կոմպլեքսի հիմքային լավաներում օլիվինը հանդիսանում է ապար կազմող գլխավոր միներալներից մեկը: Տարբեր հրաբխային էտապներում արտավիժած հիմքային լավաների օլիվիններն իրենց քիմիական կազմով ֆորստերիտ-ֆայալիտ իզոմորֆ շարքում համապատասխանում են խրիզոլիտին, որը հաստատվում է նաև նրանց օպտիկական հատկություններով և ռենտգենոստրուկտուրային անալիզների տվյալներով: Հրաբխային տարբեր էտապներին սպտկանող օլիվինների միանման մագնեզիումային կազմը ( $Mg$  ատոմ.  $\% = 75,5 - 82,2$ ) վկայում է այն մասին, որ վերջիններս բյուրեղացել են բազալտային կազմ ունեցող սկզբնական մագմատիկ հալոցքներից, որոնք բազմիցս ծագել են մոտավորապես միևնույն խորություններում:

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Велинский В. В., Агафонов Л. В., Пинус Г. В. Кальцийсодержащие оливины форстерит-фаялитового ряда. Геология и геофизика, № 9, 1971.
2. Дир У. А., Хауи Р. А., Зусман Дж. Породообразующие минералы. «Мир», М., т. 1, 1965.
3. Ильвицкий М. И. и Колбанцев Р. В. Парагенетические типы и статистический анализ химизма оливинов. ДАН СССР, т. 179, № 6, 1968.
4. Bowen N. L., Schairer J. F. The system  $FeO-SiO_2$ . Am. Journ. Sci., ser. 5, 24 177, 1932.
5. Bowen N. L., Schairer J. F. The system  $MgO-FeO-SiO_2$ . Am. Journ. Sci., ser. 5 29, 197, 1935.
6. Haggerty Stephen E., Baker Jan. The alterations of olivine in basalts and associated lavas. Contribs Miner. and Petrol. № 3, 16, 1967.
7. Hatfield T., Richmond C. The solubility of monticellite in forsterite. Trans. Brit. Ceram. Soc. № 3, 69, 1970.
8. Sahama T. G. and Hytonen K. Calcium bearing magnesium-iron olivines. Amer. Mineral. v. 43, № 9-10, 1958.
9. Yoder H. S. and Sahama Th. G. Olivine x-ray determinative curve. Amer. Mineral. v. 42, 475, 1957.