

Г. П. БАРСАНОВ

**ВЕЗУВИАН ИЗ КЕДАБЕКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ЗАКАВКАЗЬЕ  
(АЗЕРЬ. ССР)**

Кедабекское месторождение — одно из самых старых разрабатываемых месторождений Закавказья — неоднократно служило объектом исследования для ряда ученых, давших детальное описание рудной тектоники, условий залегания и генезиса рудных тел, а также тщательно описавших вмещающие рудное тело породы и сопровождающие их минеральные комплексы. Наиболее подробные исследования принадлежат Е. С. Федорову [6, 7, 8], Н. С. Успенскому [5], П. Н. Чирвинскому [9, 10] и К. Н. Паффенгольцу [4]. Указанными авторами среди прочих пород были описаны и определены встреченные в районе Кедабека контактово-метасоматические породы. Несмотря на тесную пространственную связь с рудными телами, уже Е. С. Федоров отметил отсутствие прямой генетической связи между процессом образования контактовых пород «кедабекитов» и непосредственным формированием медных рудных штоков Кедабека. Однако, увлекшись теоретическими вопросами происхождения и дифференциации габброидных магм, Е. С. Федоров считал скарны Кедабека магматическими породами, создав на основе их изучения известную в свое время «авгит-гранатовую» гипотезу магматического происхождения метаморфических комплексов. Позднее П. Н. Чирвинский и К. Н. Паффенгольц трактовали эти породы уже как характерные контактово-метасоматические образования. Изучив минералогию контактовых образований Кедабека детально, я в 1929—1933 гг., описав ряд новых для Кедабека минералов, с несомненностью доказал контактово-метасоматический генезис всех скарновых образований Кедабека и их более раннее, чем рудных тел, образование.

Выходы контактово-метасоматических пород в Кедабеке ограничиваются площадью в 0,15 км<sup>2</sup>. Геологически они приурочены к контакту толщи порфириновых туфогенов юрского возраста с более молодой гранодиоритовой интрузией, вытягиваясь в виде неправильного тела на СЗ вдоль фиксированной здесь зоны разлома. По минералогическому признаку метаморфический комплекс Кедабека можно разбить на 2 типа: 1) пироксено-гранато-плаггиоклазовые скарны с обычным присутствием кварца, эпидота, магнетита и др. («кедабекиты» Е. С. Федорова) и 2) везувиано-гранатовые и везувиано-геленитовые скарны, обычно с хлоритом, брандзитом, кальцитом и др. К последнему типу скарнов и относятся все находки давно известных кристаллов и скоплений везувиана с Кедабекского рудника.

Везувиано-гранатовые и везувиано-геленитовые скарны обнажаются в виде небольшого линзообразного тела, приуроченного к восточной части метаморфической толщи Кедабека. Они заключены в гранато-пироксеновые индизированные скарны, но с востока контактируют непосредственно с диоритовым дифференциатом гранодиоритов. По текстуре и минералогическому составу везувиано-гранатовые скарны чрезвычайно разнообразны. Обычно это плотные трещиноватые желто-зеленые породы, пронизанные множеством трещинок и пустот, в которых выкристаллизовывается большое количество разнообразных минералов. Крупные трещинки и полости заполнены голубым кальцитом, коричневым и зеленым везувианом, гранатом; мелкие поры в гранато-везувиановой породе заполнены кристалликами светлозеленого ксантофиллит-брандизита. Часто встречаются крупные пластинчатые вкрапленные кристаллы темно-зеленого пеннина. В некоторых участках совместно с везувианом выделяется плотный мелкозернистый серо-голубоватый геленит. Вокруг пустоток и трещинок, заполненных голубым кальцитом, гранато-везувиановый скарн часто образует полосчатые текстуры. По жилкам и трещинкам явно заметно замещение везувиана слабо-желтоватым, почти бесцветным гранатом-гроссуляром. Позднейшее отложение везувиана среди других минералов видно также отчетливо.

Под микроскопом скарн представляет собой крупнозернистую породу с чрезвычайно развитыми структурами разъедания и замещения. Основную массу породы слагают обычно везувиан и гранат. Везувиан представлен крупными раздробленными зернами с характерной буро-зеленой или аномальной лиловой интерференционной окраской. Гранат, образующий извилистые зернистые агрегаты, явно замещает зерна везувиана, который иногда сохраняется между агрегатами граната лишь в виде реликтов. Эпидот образует в скарнах весьма незначительные скопления из вытянутых, часто разорванных зерен, располагающихся в промежутках между зернами граната и везувиана и ассоциирующих обычно с кальцитом или (реже) с кварцем. В некоторых шлифах обнаруживается большое количество пластинчатых и неправильных, с хорошей спайностью зерен ксантофиллита-брандизита, погруженного в массу везувиана и граната. Ряд шлифов показал, что некоторые участки скарновой толщи являются существенно диопсидовыми, сложенными из крупных зерен идиоморфного зеленоватого диопсида, разъедаемого и замещаемого в этом случае в свою очередь везувианом. Встречаются крупные зерна хлорита (пеннин), как бы замещающие пустотки среди кристаллов пироксена и, несомненно, относящиеся к более поздней минерализации. Интересны существенно геленитовые скарны, представляющие собой очень плотные голубоватые, мелкозернистые породы, состоящие под микроскопом из крупных идиоморфных зерен геленита, рассеченного тонкими прожилками, заполненными халцедоном и мелким зеленым хлоритом. Геленит наблюдается также в парагенезисе с везувианом, гранатом, эпидотом и кальцитом.

На основании наблюдаемых в шлифах взаимоотношений различных минералов друг с другом можно установить следующий порядок выделения: геленит, диопсид, везувиан, ксантофиллит и пеннин, гроссуляр, кварц, эпидот, кальцит, вторичный хлорит, халцедон. Наблюдаемые замещения можно свести к следующему: диопсид замещается везувианом, везувиан замещается гроссуляром, гроссуляр разъедается кварцем и эпидотом и частично переходит в последний.

**Везувиан.** В минеральном парагенезисе везувиано-гранатовых скарнов Кедабека везувиан является наиболее распространенным мине-

ралом, встречающимся совместно со всеми описанными выше для этого типа пород минералами. Можно различить два типа везувиана.

I тип представлен светлозеленым, иногда слегка желтоватым везувианом, трещиноватым, но обладающим прозрачностью. По трещинкам кристаллы иногда окрашены в яркозеленый цвет пленками солей меди. Встречаются ясно выраженные кристаллы квадратного облика, нацело замещенные губчатой массой и представляющие собой псевдоморфозы граната по везувиану. Кристаллы везувиана этого типа образуют тесно сросшиеся друзы и лишь редко попадают более или менее свободно сидящие кристаллы. Облик кристаллов везувиана I типа призматический с хорошим развитием пояса призм двух родов. Всегда присутствуют пинакоид и минимум два рода пирамид. Гранные углы кристаллов часто обнаруживают некоторую сглаженность. В везувианах этого типа, однако, встречаются кристаллы и бипирамидального облика со слабым развитием зоны призм.

II тип везувиана отличается канифольно-коричневым цветом и обладает сильным жирным блеском. Он встречается обычно в виде крупных плотных кристаллических масс совместно с более поздним голубым кальцитом, покрывающим плоскости кристаллов везувиана. Везувиан этого типа образует также крупные (до 4 см) кристаллы, образующие друзовидные сростки. Тип кристаллов отличен от зеленого везувиана и представлен кристаллами исключительно бипирамидального габитуса. На ребрах и гранных углах часто наблюдается система мелких вицинальных граней. Некоторые кристаллики везувиана заключены целиком в выделениях голубого кальцита и не имеют связи со стенками полостей, сложенными гранато-везувиановой породой, т. е. являются образованиями, в какой-то мере синхронными кальциту.

Парагенезис везувиана определяется следующими минералами: гроссуляром, ксантофиллит-брандизит, пеннин, кальцит, волластонит, геленит, диопсид, эпидот, альбит, халцедон. Парагенетически стадия выделения везувиана определяется как более поздняя по отношению к диопсиду, гелениту и как более ранняя по отношению ко всем другим минералам. Везувиан II типа, повидимому, более поздний и образование его надо отнести к фазам после главного выделения гроссуляра (отсутствие характерных замещений). Процессы разрушения везувиана не наблюдаются, но исключительно характерным является замещение везувиана I типа гроссуляром с образованием псевдоморфоз.

Оптическая характеристика везувиана сводится к следующему: под микроскопом везувиан образует крупные неправильные сильно трещиноватые зерна, иногда нацело замещенные изотропным гроссуляром. Минерал прозрачный, почти бесцветный, одноосный, оптически отрицательный. Интерференционная окраска его темная, серо-коричневая. Наблюдается аномальная интерференционная окраска в характерных сине-лиловых тонах, располагающаяся пятнами. В некоторых кристаллах наблюдается аномальная двуосность. Знак зоны — минус. Спайность в разрезах, перпендикулярных  $N_p$ , хорошая по (100) и заметная по (001). Погасание прямое,  $N_p$  параллельно (100). Измерение показателей преломления методом иммерсии дало следующие результаты:

I тип везувиана:

$$N_g = 1.705 \pm 0.002; N_p = 1.702 \pm 0.002; N_g - N_p = 0.003;$$

II тип — коричневый везувиан:

$$N_g = 1.717 \pm 0.002; N_p = 1.712 \pm 0.003; N_g - N_p = 0.005 \pm.$$

Таким образом, железистые везувианы, к которым принадлежит II тип (см. ниже химический анализ), характеризуются более высокими показателями преломления.

Хорошо развитые кристаллы везувиана позволили произвести кристаллографическое изучение обоих выявленных в месторождении типов. Для измерения были отобраны 7 кристаллов, из которых один по измерению оказался дающим очень плохие сигналы, благодаря чему данные приводятся только для 6 кристаллов. Измерено 3 кристалла I типа, светло-зеленых, призматического габитуса, и 3 кристалла II типа — бурокоричневых, со слабым развитием зоны призм. Измерения производились на двукружном гониометре системы В. Гольдшмидта.

При измерении кристаллов обнаружены следующие 15 форм: с (001), о (011), р (111), n (122), z (121), b (221), s (131), i (132), t (331), N (441), (142)\*,<sup>1</sup> (304)\*, a (010), m (110), f (120).

В кристаллах I типа не было встречено граней: (211), (132), (142) и (304).

В кристаллах II типа грани (221) и (441) не развиты.

На приложенных рисунках даны гномонические проекции всех наблюдаемых граней и лучей для везувиана I и II типов и общий вид отдельных кристаллов и головок, характерных для обоих типов везувиана. В табл. 1 дано количество наблюдаемых граней каждой формы в измеренных кристаллах и в табл. 2 представлена сводка результатов всех измерений с вычисленным отношением осей.

Таблица 1

Числа наблюдаемых граней каждой формы

№ кристалла	Числа наблюдаемых граней каждой формы														
	001	101	111	122	211	221	311	132	331	441	100	110	120	142	304
1 <sup>2</sup>	1 1	2 4	4 4	—	—	1 3	—	—	3 3	1 3	3 4	2 3	3 6	—	—
2	1 1	2 4	4 4	1 4	—	—	3 6	—	3 3	—	2 4	1 3	1 6	—	—
3	1 1	2 2	3 3	—	—	—	2 4	—	2 2	—	3 3	2 2	2 4	—	—
5	1 1	4 4	4 4	1 4	4 6	—	4 6	—	—	—	2 3	2 3	1 5	1 6	2 4
6	1 1	3 4	4 4	2 8	1 6	—	3 6	—	—	—	—	1 2	—	—	—
7	1 1	3 4	4 4	—	3 6	—	2 5	1 6	2 3	—	—	—	—	—	—

<sup>1</sup> Формы, отмеченные звездочками, являются новыми и у Гольдшмидта не приводятся. Развиты слабо, в виде мельчайших несимметричных граней.

<sup>2</sup> В первой строке — количество действительно наблюдаемых граней; во второй — количество возможных граней в данном кристалле.

В призматических кристаллах I типа (рис. 1, 2, 3) грань с (001) является всегда хорошо и симметрично развитой, дающей хорошие сигналы, по которым легко произвести установку кристалла.

$p$  (111)— основная бипирамида, хорошо развита во всех измеренных кристаллах и является формой преобладающего развития в зоне пирамид. Грани гладкие, дают хорошие сигналы.

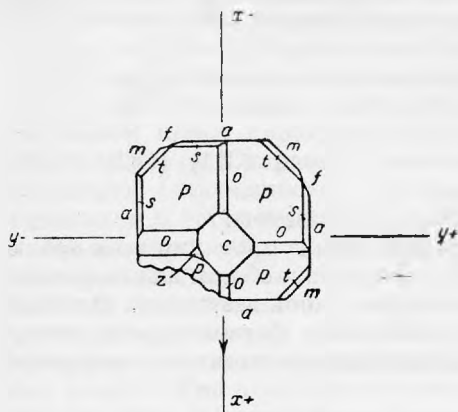


Рис. 1. Зеленый везувиан I типа. Головка кристалла.

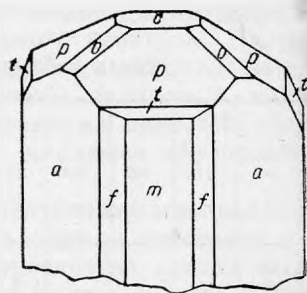
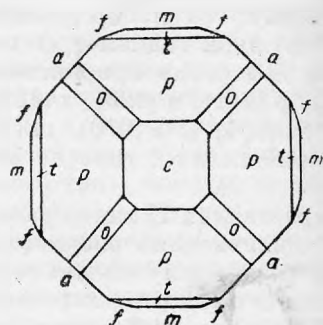


Рис. 2. Зеленый везувиан I типа. Головка и общий вид идеализированного кристалла.

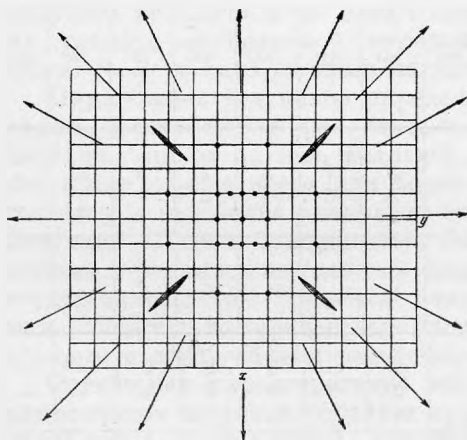


Рис. 3. Гномоническая проекция наблюдаемых форм и лучей викалией I типа кристаллов зеленого призматического везувиана.

о (011) — образует грани, пригупляющие ребра основной пирамиды. Иногда развита только в виде узких полосок. В некоторых кристаллах развита не полностью.

$t$  (331) — образует узкие полоски, пригупляющие ребра между основной пирамидой и зоной призм. Обычно развита несовершенно и неполно. Характерны викальное развитие и постоянное наличие широкого луча к грани  $p$ .

$s$  (131) — образует тонкие полоски на ребре граней  $p$  и  $a$ . Форма очень плохо развита, сигналы неотчетливы и расплывчаты. Иногда в кристаллах отсутствует.

$z$  (121) — встречается как единичная в одном кристалле. Сигнала не дает, установлена по отблеску.

Зона призм развита в кристаллах этого типа очень хорошо. Наибольшее развитие имеет призма  $a$  (100). Постоянно и в хорошем развитии граней присутствует призма  $m$  (110). Дитетрагональная призма  $f$  (120)

присутствует постоянно, но обычно развита плохо и часто грани присутствуют не полностью.

Кристаллы II типа бипирамидальны, с очень слабым развитием зоны призм, которая иногда отсутствует совершенно. Характер развития ос-

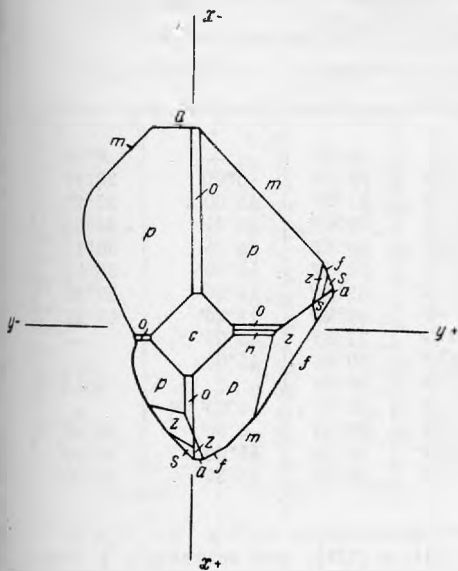


Рис. 4. Коричневый везувиан II типа. Головка кристалла.

тальных граней аналогичен описанному для везувиана I типа. Обычно наблюдается большее богатство форм, обусловленное более постоянным присутствием граней  $s$  (131) и  $z$  (121), а также присутствием грани  $n$  (122), в I типе не встречающейся. В кристаллах этого типа также значительно более развитым является вицинальный характер целого ряда форм, в результате чего наблюдается целая система хорошо выраженных лучей в формах зоны пирамид, направленных преимущественно к грани основной пирамиды  $p$  (111) и реже к грани  $o$  (101) (рис. 4, 5, 6).

Результаты измерений сведены в табл. 2, помещенной на 52 стр.

В ряде работ С. М. Курбатова [2, 3] по описанию везувиана из русских месторождений делается попытка на основании преобладающего развития отдельных зон и форм, по характеру и направлению лучей вицинальных форм выделить несколько типов везувианов. По этим признакам везувианы Кедабека ближе всего подходят к обычному типу, выделяемому С. М. Курбатовым под названием «Поляковского типа», или типу, промежу-

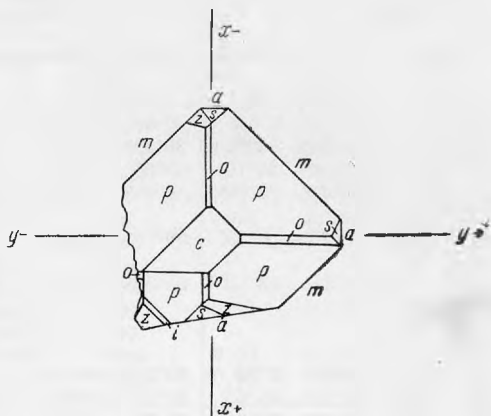


Рис. 5. Коричневый везувиан II типа. Головка кристалла.

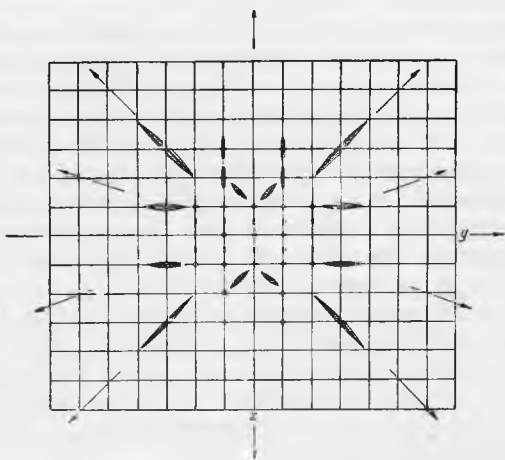


Рис. 6. Гномоническая проекция наблюдаемых форм и лучей вициналей II типа кристаллов коричневого бипирамидального везувиана.

Сводка результатов измерений\*

Таблица 2  
lg C = 9,7311

Обозначение	Ин-дексы	Колебания в измерениях		Среднее		Вычислено	
		φ	ρ	φ	ρ	φ	ρ
с	001	—	—	—	0°00'	—	0°00'
о	011	0°08'—0°53'	27°48'—28°45'	0°26'	28°10'	0°00'	28°18'
р	111	44°56'—45°12'	36°59'—38°17'	45°02'	37°26'	45°00'	37°17'
п	122	17°50'—23°10'	29°04'—30°33'	20°30'	29°49'	26°34'	31°03'
z	121	26°13'—26°26'	50°04'—50°25'	26°20'	50°12'	26°34'	50°17'
b	221	—	—	44°57'	56°39'	45°00'	56°42'
s	131	18°15'—18°48'	59°10'—59°35'	18°34'	59°22'	18°26'	59°34'
i	132	—	—	17°48'	40°49'	18°26'	40°24'
t	331	44°16'—48°43'	65°55'—67°38'	45°38'	77°39'	45°00'	—
N	441	—	—	44°57'	70°46'	45°00'	—
?	142	—	—	23°10'	30°33'	?	6°17' (?)
?	304	—	—	0°05'	22°55'	0°00' (?)	—
a	010	0°07'—0°52'	89°57'—90°59'	0°23'	90°33'	0°00'	90°00'
m	110	44°13'—44°55'	89°57'—90°59'	44°34'	90°33'	45°00'	90°00'
f	120	26°42'—27°38'	89°57'—90°53'	27°07'	90°33'	26°34'	90°00'

\* (ρ°) c = 0.5384, вычисленное по граням (111) и (121); для везувиана у Гольшмидта c = 0.5376.

точному между I и II по более поздней номенклатуре [3]. Очень близки к изученным кристаллам типичные везувианы контактов Шишимских и Назямских гор на Урале. Кристаллы, аналогичные выделяемому нами II типу везувиана, имеются в коллекциях Минералогического музея АН СССР из Николае-Максимовской группы копей Ю. Урала.

Кристаллы везувиана из Кедабека изучались ранее П. Н. Чирвинским [10] и О. Корном [11], однако наблюдения этих авторов не совсем совпадают с материалами, приводимыми мною. П. Н. Чирвинский, например, отмечает, что из пирамид наиболее развитой является (331), указывает на частое отсутствие (001), в то время как мною отмечается совершенно иной характер развития граней. О. Корном установлены для зоны пирамид формы (111), (221), (331), (441), (544), (17.4.4), из которых две последние описываются как новые формы для везувиана. Мною две последние формы совершенно не наблюдались и, наоборот, наблюдались как весьма развитые и обычные формы о (110), z (121) и др., которые О. Корном не указаны.

Химический состав везувиана представляется достаточно сложным. Для выяснения колебаний в составе везувиана было сделано два анализа — анализ зеленого везувиана I типа и анализ бурого везувиана бипирамидального II типа. Анализы произведены химиком В. А. Молевой. Данные этих анализов сведены в табл. 3.

Из приведенных анализов везувиана видно, что тип I и тип II довольно существенно отличаются друг от друга по своему химическому составу. Коричневые, бипирамидальные везувианы отличаются значительно большим содержанием  $Fe_2O_3$  и относительно большим содержанием группы RO относительно  $SiO_2$ . Первое обстоятельство, несомненно, сказывается и на цвете кристаллов и на сравнительно большем показателе преломления. Приведенный в табл. 3 анализ О. Корна, по видимому, отвечает II типу везувиана. Везувианы Кедабека содержат мало  $B_2O_3$  и F.

Таблица 3

## Химический состав везувиана

Окислы	Везувиан зелен., I тип			Везувиан коричне., II тип			Везувиан (по О. Корну)
	Вес. %	Пересчет на 100%	Молен. колич.	Вес. %	Пересчет на 100%	Молен. колич.	
SiO <sub>2</sub>	37.94	37.84	0.6306	36.94	37.27	0.6200	36.81
TiO <sub>2</sub>	0.09	—	—	0.94	—	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.31	19.26	0.1889	17.26	17.41	0.1708	15.46
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.59	1.59	0.0099	4.49	4.53	0.0284	5.418
FeO	0.09	0.09	0.0012	0.13	0.13	0.0018	0.692
MnO	0.028	—	—	0.03	—	—	Сл.
CaO	36.67	36.58	0.6549	36.25	36.57	0.6643	35.57
MgO	3.75	3.74	0.0930	3.37	3.40	0.0852	3.66
K <sub>2</sub> O	0.02	—	—	0.05	—	—	Сл.
Na <sub>2</sub> O	0.15	—	—	0.13	—	—	—
CuO	Нет	—	—	0.003	—	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>+110</sup>	0.78	0.78	0.0433	0.60	0.61	0.0340	} 2.060
H <sub>2</sub> O <sup>-110</sup>	0.08	—	—	0.07	—	—	
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	0.111	0.11	0.0017	0.084	0.07	0.0011	—
F	0.01	0.01	0.0005	0.0089	0.01	0.0005	—
Сумма	100.61	100%	—	100.35	100%	—	99.67

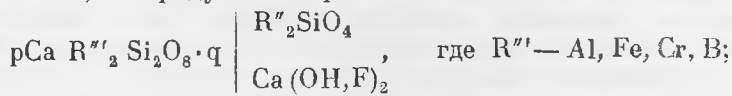
\* B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, F и CuO определялись в отдельных навесках.

Вообще характерной особенностью обоих анализов является недостаток H<sub>2</sub>O, которая почти во всех анализах везувиана, приводимых у С. Дельтера, составляет несколько процентов. Наблюдаемая в обоих анализах полная аналогия содержания H<sub>2</sub>O исключает возможность аналитической ошибки.

Формула и состав везувиана являются весьма сложными и еще до сих пор не вполне установленными. Согласно В. И. Вернадскому [1], везувиан следует представлять себе как алюмосиликат каолинового строения, имеющий в продуктах присоединения изменчивую по составу и довольно сложную группу. Эмпирическая формула его, согласно изложенным взглядам, имеет следующий вид: qM<sup>n</sup>R<sup>m</sup>R<sup>l</sup>O<sub>8</sub>·qA, где M<sup>n</sup> — Ca, Mg, Fe, Mn и др.; R<sup>m</sup> — Al, Fe, B, Cr и др.; R<sup>l</sup> — Si, Ti. В группу A наиболее обычно входят соединения типа R SiO<sub>3</sub>, R (OH)<sub>2</sub>, RF<sub>2</sub>, RO, в которых R — главным образом Ca. Таким образом везувиан довольно близко стоит по структуре к группе граната, усложняясь обычным присутствием гидратных и фтористых соединений.

Подробное рассмотрение и обсуждение взглядов на химический состав везувиана, начиная от работ Магнуса (1824), Карстена (1832) и др., кончая работами Янаша и Вейбуля (1895—1896) и современными воззрениями кристаллохимиков (Ф. Махачки, 1930), приводятся в работе С. М. Курбатова [3].

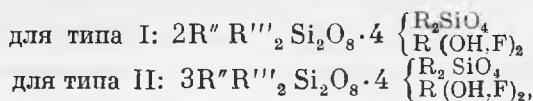
Несмотря на существование весьма определенных указаний на то, что везувиан следует рассматривать как основной ортосиликат типа R<sup>n</sup>R<sup>m</sup><sub>2</sub>(R<sup>l</sup>, F, OH)Si<sub>2</sub>O<sub>20</sub>, С. М. Курбатов склоняется ближе к представлениям акад. В. И. Вернадского и считает везувиан алюмосиликатом сложного состава, с продуктами присоединения в боковой цепи типа:



R<sup>n</sup> — Ca, Mg, Fe, Mn, Na<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>; отношение p:q близко 1:2.

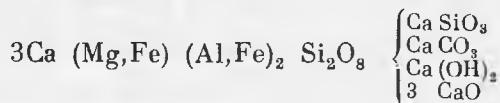


При расчете произведенных анализов кедабекского везувиана можно исходить из изложенных принципов, вывести следующие эмпирические формулы:



где  $R''$  — Ca, Mg, Fe;  $R'''_2$  — Al, Fe, В.

П. Н. Чирвинским [10] для везувиана Кедабека выводится следующая формула:



Соотношение окислов, вычисленное О. Корном:  $8\text{RO}$ ,  $2\text{R}_2\text{O}_3$ ,  $7\text{SiO}_2 + 4\frac{1}{4}\text{H}_2\text{O}$ , близко к таковому, вычисленному мною.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Вернадский. Земные силикаты, алюмосиликаты и их аналоги. ОНТИ, 1937.
2. С. М. Курбатов. Везувиан из русских месторождений. Изв. АН, 1914—1925, в. I, II, III, IV.
3. С. М. Курбатов. Везувианы из месторождений СССР. Изд. Ленингр. ун-ва. Л., 1946.
4. К. Н. Паффенгольц. Кедабек. Тр. ВГРО. 1932, в. 218.
5. Н. С. Успенский. Кедабекский тип медных месторождений на Кавказе. Изв. Общ. горн. инж., 1910.
6. Е. С. Федоров. Кедабекит и виолкит. Изв. Моск. сель.-хоз. инст., 1903.
7. Е. С. Федоров. Горные породы Кедабека. Зп. АН, 1903, т. XIV, № 3.
8. Е. С. Федоров. Геологические исследования летом 1900 г. Ежег. по геол. и минер. России, 1901, т. IV, в. 6.
9. П. Н. Чирвинский. К петрографии и геологии Кедабекского медного месторождения в Закавказье. Изв. Донск. политехн. инст. 1914, т. III, ч. 1.
10. П. Н. Чирвинский, Н. А. Орлов. К минералогии Кавказа и Крыма. Ежег. по геол. и минер. России, 1914, т. XVI, в. 9.
11. O. Korn. Untersuchungen am Vesuvian von Kedabeg in Kaukasien. Zeit. f. Kristall., 1883, Bd. 7.