

М. Е. ЯКОВЛЕВА, Л. С. ПУТОЛОВА, Е. В. ВЛАСОВА

## ГИДРОГРОССУЛЯР ИЗ КАЗАХСТАНА

В Муюнкумском районе Джамбульской области встречены клинохлор-везувиан-гидрогроссуляровые жилы и неправильные тела, пространственно и, видимо, генетически связанные с ультрабазитами, прорывающими отложения среднего ордовика. Жилы имеют западное и северо-западное простирание и близкое к вертикальному падение. Мощность — до 10 м, а протяженность — до 70 м (по данным М. Бияшева и Ф. Шувалова).

Полученные нами образцы, отобранные из жилы, представляют собой очень плотные, массивные с раковистым изломом образования нежно-зеленого, местами светло-серого цвета с ярко-зелеными неправильными участками. Пластинка породы толщиной 6 мм просвечивает, а в ярко-зеленых непросвечивающих участках различимы секущие волосовидные просвечивающие прожилочки. Макроскопически образцы напоминают жаль.

Под микроскопом порода представлена бесцветным гидрогроссуляром, образующим однородную массу, в которой в виде разобщенных скоплений включены везувиан и хлорит. Волосовидные прожилки также выполнены гидрогроссуляром.

Светопреломление гидрогроссуляра определено методом призмы<sup>1</sup>. Наблюдались два четких сигнала, отвечающие 1,7270 и 1,7295, свидетельствующие о двупреломлении граната, равном 0,0025. Такое слабое двупреломление неразличимо в шлифе нормальной толщины, то четко проявляется в утолщенных участках призмы.

Химический анализ гидрогроссуляра (аналитик Г. А. Осолодкина) из светло-серого участка породы приведен в табл. 1.

Расчет химического анализа на формулу (Борнеман-Старынкевич, 1964) показывает недостаток двухвалентных катионов, избыток (около 0,8%) глинозема и около 1,6%  $H_2O^+$ . Если же в формулу ввести щелочь, то анализ хорошо рассчитывается, но  $H_2O^+$  все же остается в избытке — около 1,2%.

Содержание воды в гидрогроссуляре определяли прямым методом и прокаливанием. Получены величины [п.п.п. 2,10%;  $H_2O^+$  ( $>105^\circ C$ ) 1,59%], близкие к приведенным в табл. 1. Кроме того, термический анализ<sup>2</sup> гидрогроссуляра, сопряженный с гидростатическим взвешиванием, показал суммарную потерю веса 2,2%, как видно на рис. 1.

Данные дифрактограммы гидрогроссуляра приведены в табл. 2<sup>3</sup>. Пики 2,73; 2,58; 1,621 Å свидетельствуют о примеси везувиана. Жабиньски

<sup>1</sup> Замеры сделаны в оптической лаборатории ИГЕМ.

<sup>2</sup> Сделан в термической лаборатории ИГЕМ АН СССР.

<sup>3</sup> Замеры выполнены О. Л. Свешниковой на геологическом факультете МГУ.

## Химический анализ гидрогроссуляра

Компоненты	Вес. %	Атомн. колич. катионов	Компоненты	Вес. %	Атомн. колич. катионов
SiO <sub>2</sub>	37,44	6240	NgO	0,30	74
TiO <sub>2</sub>	Сл.	—	CaO	35,00	6250
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24,20	4750	Na <sub>2</sub> O	0,39	126
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	3,6	K <sub>2</sub> O	0,55	116
FeO	Не обн.	—	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,54	—
MnO	0,10	14	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1,73	1922
			Сумма	100,28	
			<i>n</i> . . . . .	{ 1,7295	
				{ 1,7270	
			Уд. вес	3,57	
			<i>a</i> <sub>0</sub> . . . . .	11,86	

Примечание. Спектральным анализом, сделанным в спектральной лаборатории ИГЕМ, установлены: Ti, Sr в количестве  $n \cdot 10^{-2}$ ; Pb, Nb, Cu, Zr, Cr, Ba в количестве  $n \cdot 10^{-3}$ ; Ga, Ag в количестве  $n \cdot 10^{-4}$ .

Формулы: 1.  $(Ca_{2,89}Mg_{0,03}Mn_{0,01})_2Al_2[Al_{0,12}Si_{2,88}]_3(O_{11,95}OH_{0,05})_{12}$

2.  $(Ca_{2,85}Mg_{0,03}Mn_{0,01}Na_{0,08}K_{0,05})_3Al_2[Al_{0,16}Si_{2,84}]_3(O_{11,73}OH_{0,27})_{12}$

Таблица 2

## Дифрактограмма гидрогроссуляра (снята на Fe-излучении; 35 кВ, 7 ма)

<i>I</i>	$\frac{d_x}{n}$	<i>I</i>	$\frac{d_x}{n}$	<i>I</i>	$\frac{d_x}{n}$	<i>I</i>	$\frac{d_x}{n}$
12	3,32	5	2,58	45	1,919	18	1,481
5	3,25	17	2,51	3	1,883	4	1,458
3	3,18	36	2,44	4	1,845	16	1,326
70	2,95	35	2,32	4	1,812	30	1,294
15	2,88	30	2,16	6	1,744	11	1,265
5	2,73	3	2,11	50	1,643	3	1,251
100	2,64	8	2,00	4	1,612	6	1,184
				73	1,578	4	1,163

(Żabiński, 1965) подробно исследовал минералы группы гидрограната и установил, что гидрогроссуляр отличается от гроссуляра большими значениями  $a_a$  ( $> 11,85 \text{ \AA}$ ), присутствием воды, более низким показателем преломления ( $< 1,73$ ) и удельным весом ( $< 3,59$ ). Приводимые нами данные свидетельствуют о том, что гранат, слагающий жилу, является гидрогроссуляром, примыкающим к гроссуляровому концу изоморфита ряда гроссуляр — гибсит.

Инфракрасный спектр гидрограната получен на приборе UR-10 в области 400—1800 и 3000—3800  $\text{см}^{-1}$  (призмы KBr, NaCl и LiF). Съемку образцов проводили и на пластинках NaCl, на которые наносили частицы минерала размером менее 5 мк, суспензированные в бутылочном спирте. В области LiF для уменьшения рассеяния препарат покрывали вазелиновым маслом. Полученные спектры приведены на рис. 2. Для сравнения там же помещены инфракрасные спектры гроссуляра, гибсита и якутского «гидрограната» (материал В. З. Блискового). Сравнение кривых погло-

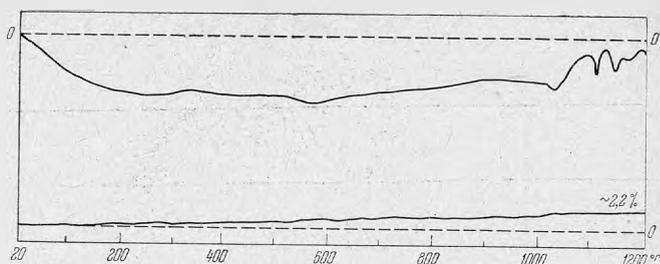


Рис. 1. Кривая нагрева и потери веса гидрогроссуляра

печения показывает, что исследуемый материал наиболее близок к гроссуляру. Гибсит характеризуется значительно менее четкими полосами поглощения, что связано, вероятно, с большим содержанием воды. Основные полосы поглощения гидрограната аналогичны гроссуляровым и лежат в области  $800\text{--}1000\text{ см}^{-1}$  (920, 860 и 840). Они соответствуют валентным колебаниям  $\nu_3$  связи Si—O в тетраэдре  $\text{SiO}_4$ .

В симметричном тетраэдре частота  $\nu_3$  должна быть трижды вырожденной и располагаться около  $900\text{ см}^{-1}$ . Понижение симметрии приводит к снятию вырождения и расщеплению  $\nu_3$  на три частоты (Wickershein *и др.*, 1969), из которых более высокочастотная компонента ( $920\text{ см}^{-1}$ ) отвечает колебаниям двух коротких связей Si—O, а дублет  $860\text{--}840\text{ см}^{-1}$  колебаниям более длинных (но неодинаковых) связей. В области деформационных колебаний полосы  $475$  и  $545\text{ (см}^{-1})$  могут быть отнесены к расщепленной из-за снятия вырождения полосе  $\nu_4$  (деформационные колебания кремнекислородных связей). Полоса поглощения  $615\text{ см}^{-1}$  характеризует, видимо, валентное колебание связи Al—O.

В области LiF в спектре гидрограната имеется одна четкая полоса поглощения  $3640\text{ см}^{-1}$ . Эта полоса, видимо, соответствует валентным колебаниям связей O—H в группировках (OH). Характерно, что ни гидрогранат, ни гибсит не имеют в спектре полос в области  $1400\text{ см}^{-1}$ ,

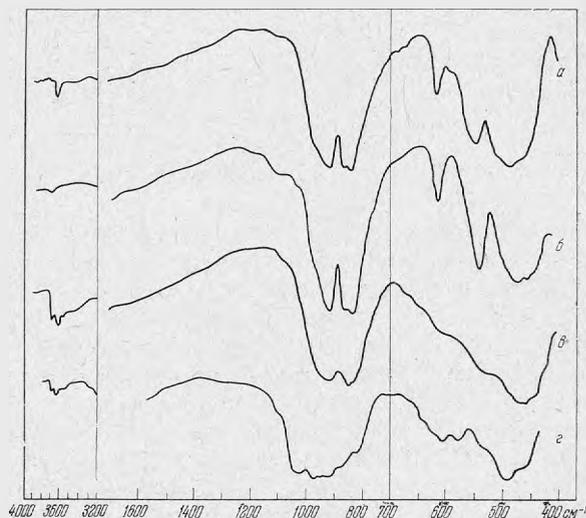


Рис. 2. ИК-спектры

а — гидрогроссуляра (Казахстан); б — гроссуляра (Якутия, р. Вилюй);  
в — гибсит (Грузия); г — везувиан (Якутия)



Рис. 3. Трещины спайности минерала, замещенного гидрогроссуляром. Увел. 18, один николь

отвечающих деформационным колебаниям гидроксила. Это связано с положением гидроксильных групп в структуре. Располагаясь по граням бывшего Si-тетраэдра, они оказываются связанными с кальцием или алюминием, что влечет сдвиг частоты деформационного колебания O—H—Ca и O—H—Al в область колебаний основных структурных связей.

Инфракрасный спектр гидрограната, прогретого до 1000° С (начало эндотермического эффекта), аналогичен исходному, за исключением резко уменьшившейся по интенсивности полосы 3640 см<sup>-1</sup>, что отвечает почти полному уходу групп OH из структуры. Основная структура гидрограната не изменяется в отличие от структуры гибсита, видимо, из-за малого содержания гидроксильных групп.

По условиям нахождения, внешнему облику и составу описываемая нами жильная порода близка «южноафриканскому жаду». Последний сложен в основном гидрогроссуляром (Tilley, 1957; Frankel, 1959), который, по данным Френкеля, образовался путем метасоматического замещения основного плагиоклаза в анортозитах и пироксенитах. Жабиньски (Zabiński, 1964) установил в гидрогроссуляре из Южной Африки рассеянную вкрапленность везувиана. Мы, к сожалению, не располагаем более подробными данными об условиях нахождения описываемых нами пород. В находящихся в нашем распоряжении образцах не обнаружены реликтовые структуры, которые позволили бы судить, как вполне убедительно показано Френкелем для «южноафриканского жада», об условиях образования этой интересной и редкой породы. Определенно только то, что порода образовалась метасоматическим путем, на что указывают сохранившиеся в гидрогроссуляре трещины спайности замещенного минерала (рис. 3), выполненные хлоритом. Это обстоятельство позволяет считать, что генетически описываемая жила также тождественна «южноафриканскому жаду». Исследованный В. З. Блисковским (1964) гидрогроссуляр из Якутии — «трансваальский жад» — оказался везувианом, как доказал Жабиньски (1966) на основании тщательного анализа приведенных в статье данных. При исследовании нами якутского образца, любезно переданного в фонды Минералогического музея В. З. Блисковским,

методом ИК-спектроскопии (см. рис. 2) установлено, что он, действительно, является везувианом.

Везувиан, входящий в состав описываемой нами породы, — бесцветный в шлифе, а при скрещенных николях хорошо различим на фоне изотропного гидрогроссуляра своей аномальной интерференционной окраской в коричневых тонах. Везувиан образует скопления очень мелких ( $\sim 0,06$  мм) зерен, а также разномерный агрегат, в котором отдельные зерна достигают  $1 \times 0,5$  мм; размер скоплений, наблюдавшихся в шлифах,  $2$  мм<sup>2</sup>. Удлинение призмочек везувиана отрицательное; светопреломление меньше, чем у гидрогроссуляра.

Клинохлор представлен мелкими чешуйками (до  $0,04$  мм), рассеянными в гидрогроссуляре и в везувиане или образующими скоплениями до  $0,6$  мм по длинной оси. Оптически одноосный, положительный;  $n_m = 1,590$ .

Участки породы ярко-зеленого цвета состоят из гидрогроссуляра, обогащенного клинохлором. Следовательно, в целом зеленая окраска породы вызвана клинохлором, неравномерно распределенным в массивном плотном гидрогроссуляре и в тонкозернистых обособлениях везувиана.

Жильные или шпироподобные образования, в составе которых присутствует гранат, представленный либо гроссуляром, либо гидрогроссуляром, встречаются в различных районах развития ультраосновных пород. Подробно эти примеры разобраны Блисковским (1968), и мы в своем кратком изложении останавливаться на них не будем.

Относительно генезиса гроссуляра интересны высказывания В. Н. Лодочникова, который, формулируя правило полярности магматических и постмагматических минералов одной и той же магмы, пишет: «... Поствулканические процессы несут с собой те элементы или окислы, которыми бедна сама порода, обусловившая эти процессы» (1936, § 110). В числе полярных минералов, связанных с гиперосновными породами и серпентинитами, он приводит гроссуляр. Далее, разбирая вопрос о происхождении богатого кальцием граната в серпентинитах, В. Н. Лодочников пишет: «поствулканический привнос элементов, необходимых для новообразования гроссуляровых, иногда гессонитовых, также андрадит-гроссуляровых и частью андрадитовых — но не пироповых — гранатов, представляет собой очень частое явление в связи с серпентинитами; причем во всех почти случаях эти гранаты образуются во время или после серпентинизации, отлагаясь в трещинах их самих или в окружающих породах» (§ 112). В. Н. Лодочников отмечает, что CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и SiO<sub>2</sub>, входящие в состав граната, кроме привноса, могут частично заимствоваться при разложении моноклинного пироксена и оливина в результате серпентинизации, тогда как появление Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> обязано только привносу.

Благоприятными условиями для кристаллизации гидрогроссуляра, как считает Жабиньски (Żabiński, 1965), являются недостаток кремнезема, умеренновысокая температура (200—400° С) и водяное давление свыше нескольких тысяч бар.

В результате проведенных исследований можно сделать следующий вывод:

1. Изученное жильное образование, локализующееся в ультрабазитовом массиве, сложено в основном гидрогроссуляром, ассоциирующим с везувианом и клинохлором. Последний окрашивает породу в зеленый цвет различной интенсивности.

2. Красивый облик породы в сочетании с определенными физико-механическими свойствами<sup>1</sup> позволяет использовать ее в качестве поделочного материала подобно аналогичному образованию, носящему название «ожно-африканский жад», широко применяемому в различного рода изделиях.

<sup>1</sup> Технологические испытания пробы проведены во Всесоюзном тресте «Цветные камни».

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Блисковский В. З.* «Трансвальский жад» в Якутии.— Изв. АН СССР, серия геол., 1964, № 7.
- Блисковский В. З.* Минералогия гидрогроссуляров.— Труды Мин. музея АН СССР, 1968, вып. 18.
- Борнеман-Старынкевич И. Д.* Руководство по расчету формул минералов. Изд-во «Наука», 1964.
- Жабиньски В.* К вопросу о «Трансвальском жаде» в Якутии.— Записки Всес. мин. об-ва, 1966, ч. 95, вып. 1.
- Лодочников В. Н.* Серпентины и серпентиниты Ильчирские и другие.— Труды ЦНИГРИ, 1936, вып. 38.
- Frankel J. J.* Uvarovite garnet and South Africa jade (hydrogrossular) from the Bushveld complex, Transvaal.— Amer. Min., 1959, 44, № 5.
- Tilley C. E.* On the replacement of Anorthosite by Hydrogrossular in the Transvaal.— Transact. a. Proceedd. of the geol. Soc. of S. Africa, 1957, 60.
- Wickershein K. A., Lefever R. A., Hanking B. B.* Infrared Absorption Spectrum of the Silicate Joh in the garnet Structure.— J. Chem. Phys., 1960, 32, N 1.
- Żabiński W.* On the occurrence of a dispersed vesuvianite phase in some so-called hydrogrossular.— Bull. Acad. polon. sci., 1964, 12, N 3.
- Żabiński W.* Studium mineralow grupy hydrogranatu Zeszyt.— Naukowe Akademii górniczo-Hutniczej, 1965, № 102.