

М. Е. ЯКОВЛЕВА

**МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ НЕКОТОРЫХ РАЗНОСТЕЙ
ПЕСТРОЦВЕТНЫХ ЯШМ ЮЖНОГО УРАЛА**

На Южном Урале известен ряд месторождений пестроцветных яшм. Наиболее известно Орское, расположенное на горе Полковник. Это месторождение детально изучено А. Е. Малаховым и К. М. Надеяевым (1940), которые на основании геологических и стратиграфических данных, а также вещественного состава и текстурных особенностей изложили свое мнение о генезисе пестроцветных яшм и причинах разнообразия их окраски. Позднее А. Н. Игумнов (1955, 1960, 1963) изучал текстурные особенности пестроцветных яшм и природу стебельчатого кварца в них. Им также высказана точка зрения на происхождение пестроцветных яшм Орского Урала. Перечисленными исследованиями исчерпывается список опубликованных работ, посвященных вещественному составу и текстуре яшм Урала.

Геологическая обстановка месторождений пестроцветных яшм, по А. Е. Малахову и К. М. Надеяеву (1940), на горе Полковник следующая: в верхах нижнедевонского покрова альбитизированных, хлоритизированных и актинолитизированных, местами сильно расланцованных диабазов и диабазовых порфиритов залегают небольшие линзообразной формы вытянутые в меридиональном направлении тела пестроцветных яшм. Азимуты и углы падения этих тел зависят от формы мелких складок, в которые сматы вмещающие их диабазы и диабазовые порфириты.

Мощность линз яшм в среднем 0,8—1 м, крайние пределы 0,2—3 м, протяженность 5—40 м, глубина залегания до 8—9 м. Контакты яшм с вмещающими породами резкие. Иногда на контакте наблюдается зеленоватая кварц-эпидотовая кайма, резко граничащая с диабазами и постепенно переходящая в пестроцветные яшмы. Ширина каймы достигает 7 см, и в ней перпендикулярно зальбандам развиваются иглы тремолита. Кроме того, упомянутые авторы отмечают единичный случай контактового воздействия диабазов на яшмы в Ворошиловском (Анастасьевском) месторождении. Здесь в висячем боку линзы развита кайма шириной 6—8 см, содержащая прожилки зеленоватого граната.

Что касается минералогии яшм, то, по А. Е. Малахову и К. М. Надеяеву, их основной составной частью является кварц (до 80—90%), к которому в различных количествах примешиваются тонкий глинистый материал, цоизит, хлорит, актинолит, тремолит, гранат, карбонаты, пирит, магнетит, гематит и разновидности водных окислов железа.

В данной статье излагаются результаты исследования яшм, преимущественно окрашенных в розовые и красные тона различной интенсивности, а также белой и черной с горы Полковник, для сопоставления более кратко охарактеризованы яшмы месторождения Западного, расположенного в 1,5 км к западу от горы Полковник, и Анастасьевского, находящегося в 40 км к югу от нее.

Все описанные образцы яшм изучались в очень тонких шлифах в иммерсии, подвергались спектральному анализу и дифрактоскопии, а некоторые — термическому и химическому анализам.

Яшмы горы Полковник

Относительно полно исследован обр. 4222 из коллекции поделочных камней Минералогического музея АН СССР, представляющий собой *светлую серовато-розовую яшму*, состоящую из тонких полосок — розовых, непрозрачных и светло-серых, просвечивающих в тонком сколе. Ширина светло-серых полосок не превышает 1 мм, а розовых — 3 мм. Розовые полоски состоят из менее резко проявленных более узких полосок (рис. 1).

Микроскопическим исследованием установлено, что в составе яшмы главным минералом является кварц, зерна которого изометричные и удлиненные, с зазубренными ограничениями размером в среднем 0,02 мм. Кварц слагает также четко выделяющиеся обособления овальной формы размером до 0,15 мм. Зерна кварца удлинены параллельно полосчатости, которая подчеркивается скоплением в кварце изотропного вещества, непрозрачного при одном никеле и имеющего хлопьевидное строение и белый цвет при косом освещении. В розовых полосках изотропное вещество присутствует в максимальном количестве, однако распределено оно неравномерно (рис. 2). В полосках светло-серого цвета изотропное вещество отмечается сравнительно редко, но полоски, полностью лишенные его, не наблюдались. При большом увеличении видно, что изотропное вещество неоднородно и представляет собой агрегат изометричных зернышек-глобулей размером не более 1—3 мк. Размер скоплений мелких зерен от 0,1 до 0,007 мм. Их строение и форма показаны на рис. 3. По данным дифрактоскопии, описываемое изотропное вещество принадлежит к группе граната.

В яшме присутствуют также очень редкие чешуйки зеленой слюдки размером около 0,01 мм с сильным плеохроизмом и высоким двупреломле-

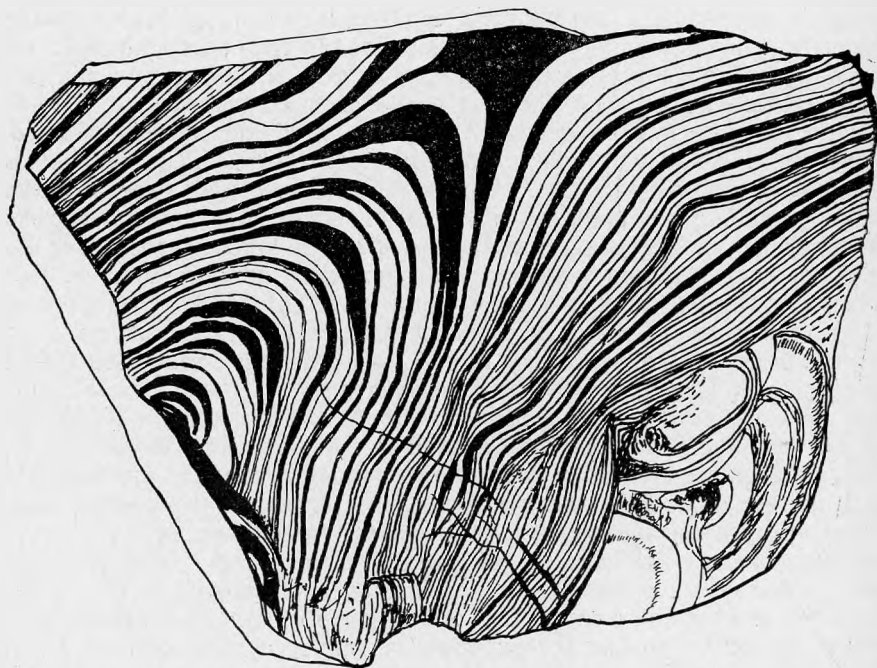


Рис. 1. Зарисовка серовато-розовой полосчатой яшмы, обр. 4222. Черное соответствует светло-серым, а белое — розовым полоскам на образце. Уменьш. 2

Рис. 2. Полосчатая яшма,
обр. 4222. Светло-серое —
кварц, черное — гранат.
Увел. 20, один николь

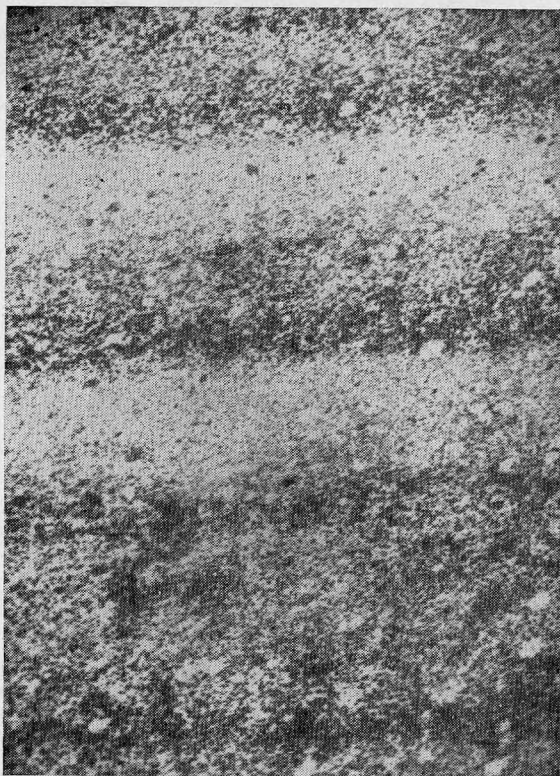
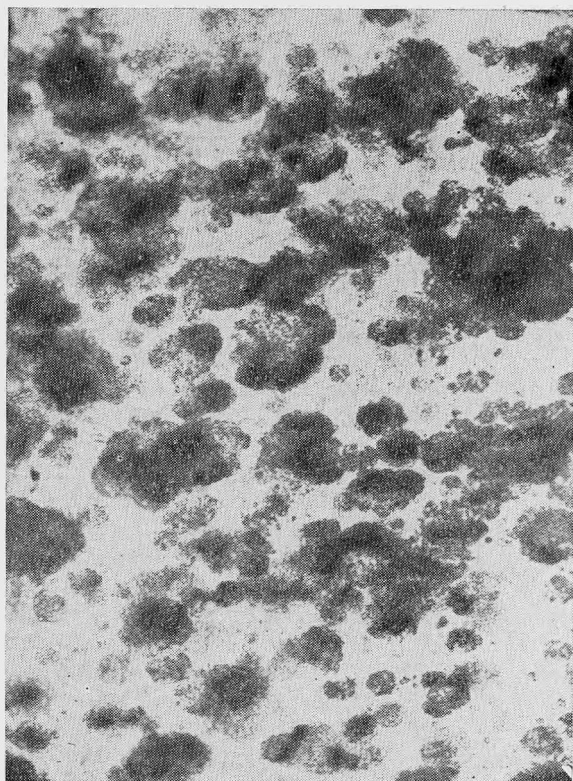


Рис. 3. Формы обособлений
граната (темно-серые пятна)
в яшме, обр. 4222. Увел. 290,
один николь



Химический состав яшм (в вес. %)

Окислы	1	2	Окислы	1	2
SiO ₂	95,52	87,86	MgO	0,33	0,49
TiO ₂	Не опр.	0,08	CaO	1,23	4,01
Al ₂ O ₃	1,18	4,12	Na ₂ O	0,04	Не опр.
Fe ₂ O ₃	0,75	1,09	K ₂ O	0,15	»
FeO	0,19	0,44	П. п. п.	0,16	0,61
MnO	0,05	0,98	CO ₂	Не опр.	0,20
			С у м м а	99,60	99,88

1—обр. 4222, розовая пестроцветная яшма; 2—обр. 73133, розовая региональная яшма

нием, редкие кубики пирита и гематит. Последний неразличим под микроскопом и, вероятно, представлен чрезвычайно тонкой пылью, которая пропитывает полосы, обогащенные гранатом, и окрашивает их в розовый цвет.

Химический состав яшмы (обр. 4222) приведен в табл. 1.

Приближенный пересчет его на минеральный состав дал следующее: кварца 94,5%, граната 4%, слюды флогопитового состава 1,5%.

На термограмме образца, нагретого до 1000° С, зафиксировано только модификационное превращение кварца при 575° С. Спектральным анализом в образце обнаружены десятитысячные доли процента Be, Y, Ni и тысячные Pb, Nb, Cr, Zn, Cu. На дифрактограмме, кроме пиков кварца, присутствуют небольшие, но достаточно четкие пики 3,003; 2,698 и 1,604 Å, принадлежащие гранату. Последний имеет $a_0 = 12,0$ Å, $N > 1,790$ и, следовательно, может быть отнесен к андрадиту.

Розовая яшма макроскопически однотонная, в шлифе также обнаруживает тонкополосчатое строение. В отличие от обр. 4222 нет полос, почти лишенных граната, поэтому образец выглядит однотонным. Гранат представлен изометричными зернами размером не более 2—3 мк. Он равномерно рассеян в кварце в пределах полос и редко образует округлые стяжения диаметром 0,03—0,08 мм. Кварц является преобладающим минералом и представлен как тонкозернистым агрегатом изометричных и удлиненных с зазубренными очертаниями зерен размером 0,01—0,045 мм, так и обособлениями округлой формы диаметром до 0,16 мм, почти лишенными граната. В небольшом количестве присутствует актинолит в виде тонких иголок длиной до 0,03 мм. Очень редок кальцит. Гематит микроскопически неразличим, но так как тонкозернистый кварц имеет желтоватый цвет, то, вероятно, гематит в нем образует тончайшую пыль.

Термограммы интенсивно розовой яшмы и обр. 4222 аналогичны. Дифрактограмма же характеризуется значительно более четко проявленными пиками, значения которых (табл. 2) свидетельствуют о том, что гранат, как и в описанной выше разности, может быть отнесен к андрадиту.

Спектральным анализом розовой яшмы в ее составе, кроме преобладающего кремнезема, установлены (в %): Al 1; Ca 1; Na 0,1; Mg 0,03; Ti 0,007; Mn 0,008. Содержание Fe₂O₃, определенное химическим путем, составляет 1,85%.

Белую, или фарфоровидную, яшму также слагают тонкозернистый кварц и гранат. Последний в виде изометрических (не более 2 мк) зернышек распределен в кварце относительно равномерно. На дифрактограмме он

Межплоскостные расстояния граната из однотонной розовой яшмы горы
Полковник. Fe-антикатод, 35 кв, 7 ма, $a_0 = 11,97 \pm 0,01 \text{ \AA}$

hkl	I	d	hkl	I	d
400	6	2,996	611	2	1,944
420	10	2,678	620	1	1,894
332	1	2,554	642	7	1,601
431	2	2,344	800	1	1,497
521	2	2,183	840	1	1,339

представлен пиками 3,001; 2,684 и 1,600 \AA , $a_0 = 11,99 \text{ \AA}$ и, следовательно, также имеет состав андрадита.

Черная яшма с красноватым надцветом имеет более сложный состав, чем описанные разновидности. Основным минералом является кварц в виде изометричных и вытянутых зерен с зазубренными очертаниями размером до 0,01, редко до 0,024 мм. В большом количестве присутствуют тончайшие включения граната, магнетита, гематита, актинолита, слюды. Гранат образует мелкие, редко достигающие 2 мк изометричные зернышки. Он как бы пропитывает всю массу кварца, но распределен неравномерно. Кроме того, местами он развит в виде кучных, резко очерченных скоплений, как в розовой полосчатой яшме (обр. 4222), местами же очертания скоплений очень расплывчаты. Светопреломление граната определить не удалось, и только на основании размера элементарной ячейки $a_0 = 12,0 \text{ \AA}$ он отнесен к андрадиту. Актинолит представлен очень тонкими иглочками длиной до 0,15 мм, довольно равномерно рассеянными в породе. Октаэдри магнетита до 0,006, редко до 0,015 мм рассеяны равномерно, они вызывают черную окраску яшмы. Гематит образует очень тонкочешуйчатый агрегат, редко чешуйки достигают 8 мк. Бесцветная и светло-коричневая слюда встречается сравнительно редко, чешуйки длиной до 0,06 мм. Макроскопически хорошо различаются на черном фоне мелкие желтые зерна и кубики пирита.

На дифрактограмме черной яшмы, кроме пиков кварца, имеются гораздо менее интенсивные, но достаточно четкие пики граната (3,00; 2,698 и 1,605 \AA) и магнетита (2,95 и 2,53 \AA). Термограмма образца, нагретого до 1000° С, отражает только модификационное превращение кварца. Химическим анализом установлены в яшме СаО (1,19%) и MgO (следы).

Красная яшма встречается как однотонная, так и пятнистая, иногда с блестящими красными вкраплениями гематита. Под микроскопом видно, что структура пятнистой яшмы очень неоднородная. В массе кварца, зерна которого имеют неправильные зазубренные очертания и размеры от 0,006 до 0,3 мм, неравномерно распределен гематит. Последний образует то тонкую пыль, то более крупные выделения (рис. 4). Широко развит также гранат в виде мельчайших скелетных выделений и неправильных зерен. Изотропный; неравномерно рассеян в породе и наиболее четко диагностируется в округлых и эллипсоидных обособлениях, состоящих либо только из граната, либо из граната и кварца, а также из граната, кварца и гематита (рис. 5). Иногда присутствуют единичные октаэдри магнетита. Размер обособлений, сложенных только одним гранатом, чаще в виде агрегата скелетных выделений, — 0,7 мм по длинной оси. Наиболее крупные зерна граната достигают 0,05 мм в диаметре и имеют желтоватую окраску. Их $N = 1,855$, $a_0 = 12,0 \text{ \AA}$. Следовательно, они принадлежат к андрадиту.

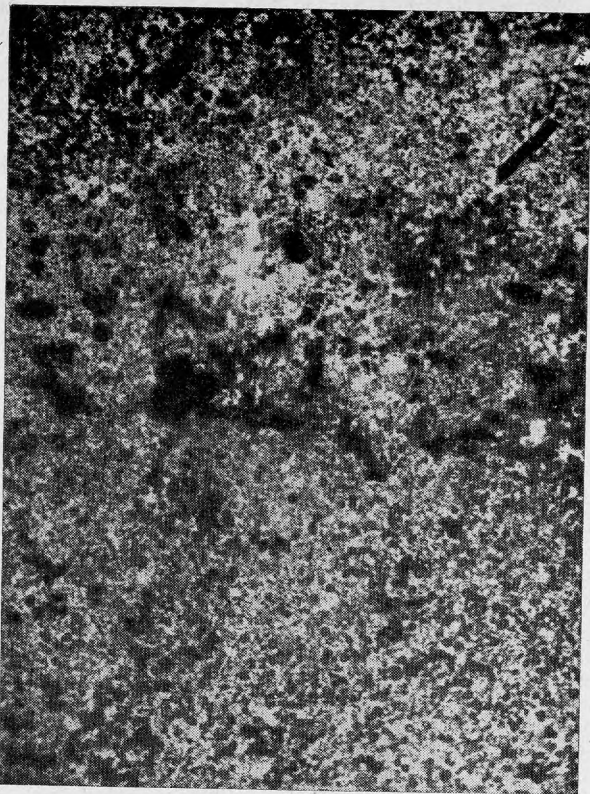


Рис. 4. Красная яшма. Характер распределения гематита. Увел. 20, один николь

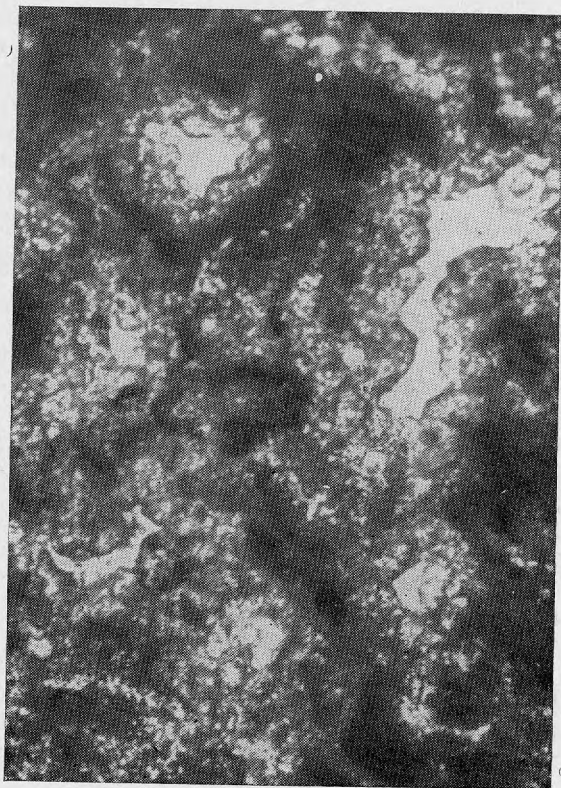


Рис. 5. Красная яшма. Кварц (белое), гранат (серое), гематит (черное). Увел. 290, один николь

Распространены также аналогичные стяжения кварца и гематита, в которых граната мало и он представлен рассеянными зернами в кварце, слагающем сердцевину, и в гематите оболочки. Присутствуют скопления октаэдров магнетита с размером кристаллов до 0,1 мм, скопления чешуек гематита, где отдельные чешуйки достигают 0,03 мм, и пирит.

На дифрактограмме пятнистой красной яшмы, кроме пиков кварца, имеются небольшие, но четко выраженные пики граната (3,008 и 1,607 Å) и гематита (2,509; 2,206; 1,838; 1,693 и 1,481 Å). Термографическим анализом при нагревании до 1000° С зарегистрировано только модификационное превращение кварца.

Фиолетовая полосчатая яшма (обр. 1049 из коллекции поделочного камня Минералогического музея) макроскопически характеризуется тем, что в ней чередуются параллельные полосы темно-красного со свекольным оттенком (не более 1 мм) и розового цвета (около 0,5 мм). Под микроскопом видно, что основными слагающими яшму минералами являются кварц и гематит, подчиненное значение имеют магнетит, слюда и гранат. Кварц развит в виде изометрических и удлинённых с зазубренными очертаниями зерен, преобладающая величина которых около 0,005—0,01 мм. Присутствуют эллипсоидные участки длиной до 0,25 мм более крупнозернистого и почти не запыленного гематитом кварца. Гематит представлен равномерно рассеянными чешуйками размером 1—2, редко до 10 мк и более. Крупные чешуйки идиоморфные. Магнетит образует мелкие зерна — октаэдры размером до 20 мк. Встречается слюда коричневого и зеленого цвета размером до 0,1×0,017 мм с резким плеохроизмом.

Темно-красные полосы состоят из кварца, гематита и подчиненного количества магнетита. В полосках розового цвета вместе с кварцем и гематитом значительно развиты стяжения граната, аналогичные описанным в обр. 4222. Размер стяжений до 0,05 мм, состоят они из зернышек величиной не более 2 мк. Очертания стяжений резкие; они непрозрачные при одном никеле и белые хлопьевидные при косом освещении. Магнетит в розовых полосках встречается значительно реже, чем в темно-красных.

Отличительной особенностью фиолетовой яшмы является флюидалность, косо ориентированная по отношению к полосчатости и выражающаяся в неравномерной пропитанности гематитом. Это свидетельствует о том, что гематитизация протекала после того, как в яшме возникла полосчатость, обусловленная кристаллизацией в одних слоях магнетита с кварцем, а в других — граната с кварцем и небольшой примесью магнетита. Растворы, принесшие гематит, проникали независимо от слоистости.

Спектральным анализом установлено в яшме преобладание Si и Fe, небольшое количество (доли процента) Mg, Ca, Al и Na. На кривой нагревания до 1100° С зарегистрировано только модификационное превращение кварца. На дифрактограмме помимо пиков кварца имеются слабо проявленные пики гематита.

В северной части гряды обнажены региональные яшмы (Малахов, Наделев, 1940), светлая с желтоватым оттенком разность которых состоит из 81% кварца, 14% граната, 2,5% гиббсита, 2,0% актинолита, 0,5% карбоната. Химический анализ породы приведен в табл. 1. У граната яшмы $a_0 = 12,01 \text{ \AA}$, т. е. по составу он является, вероятно, гидратированной разностью андрадит-гроссуляра.

Яшмы Анастасьевского месторождения

Красная яшма этого месторождения (обр. 70414 из коллекции Минералогического музея) обладает тонкополосчатым строением, обусловленным чередованием изогнутых более широких красных и более узких (около 1 мм) розовых полос. Под микроскопом исследованы только красные полосы.

Они состоят из тонкозернистой массы изометричных и вытянутых с зазубренными очертаниями зерен кварца размером 8—16 мк, в которую погружены округлые и овальной формы непрозрачные обособления тонкозернистого граната. Размер стяжений граната 0,03—0,04 мм, величина зернышек в них не более 2 мк. Яшма рассечена тонкими кварцевыми прожилками, в которых встречаются округлые бесцветные изотропные зерна граната размером около 0,03 мм, а также вытянутые стручковидные его выделения длиной до 0,1 мм. Кроме равномерно рассеянных округлых стяжений, гранат присутствует в виде полосок шириной около 0,016 мм, иногда

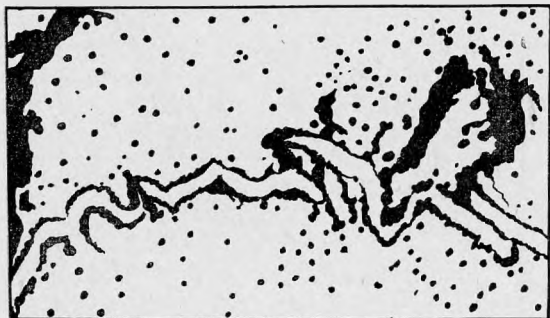


Рис. 6. Зарисовка фестончатых выделений граната в красной полосчатой яшме, обр. 70 414. Увел. 80

изогнутых в виде фестонов. Встречаются двойные полоски с серединой, заполненной кварцем (рис. 6). Эпидот в виде мелких зернышек присутствует в небольшом количестве. Гематит различим только при косом освещении, он образует пылевидные частицы, редко тонкие чешуйки.

Спектральным анализом установлено, что в яшме преобладают Si, Al, Ca и Fe. На дифрактограмме кроме пиков кварца четко проявлены пики граната: 2,996; 2,678 и 1,604 Å, позволившие определить $a_0 = 11,98 \text{ \AA}$ и на этом основании отнести его к андрадиту. На термограмме отражено только модификационное превращение кварца. Таким образом, по составу и структуре описанный образец аналогичен яшме с горы Полковник.

Яшма *лилового* цвета, но с менее резко выраженной полосчатостью, чем у описанного образца, была подвергнута частичному химическому анализу. В ней установлены (в вес. %): Al_2O_3 2,72; Fe_2O_3 6,35; FeO 0,25; MnO 0,16; CaO 8,93. Эти данные свидетельствуют о том, что яшма состоит из 70% кварца, 25—28% граната и 2,5% гематита.

Яшмы Западного месторождения

Яшмы этого месторождения обладают особенностями, отличающими их от яشم горы Полковник и месторождения Анастасьевское. Они требуют специального изучения, поэтому в данной статье приводится только краткая характеристика тех разновидностей, в составе которых присутствует гранат.

Яшмы *розовая* и *красная* различных оттенков бывают однотонные, тонкополосчатые и пятнистые. Они состоят в основном из кварца, образующего изометричные и вытянутые с зазубренными очертаниями зерна размером 0,008—0,1 мм. В некоторых разновидностях более крупнозернистый, чем в основной массе, кварц слагает участки округлой и эллипсовидной формы — «глазки» диаметром около 0,6 мм. Гранат встречается чаще скоплениями размером до 0,02 мм мелких (не более 2 мк) зерен, реже идиоморфными кристалликами величиной до 0,016 мм с мутной центральной частью и прозрачной оболочкой. Еще реже встречаются разновидности, в которых ксеноморфные мутные зерна граната достигают 0,6 мм. Гранат изотропный и анизотропный. При косом освещении шлифа видно, что тонко-

зернистые скопления граната имеют хлопьевидное строение и белый цвет, иногда с темно-красными расплывчатыми пятнами за счет гематита. Характерно, что во всех разностях яшм граната много, и в случаях, когда он очень мелкий и равномерно распределен в породе, создается ложное впечатление, что его не меньше, чем кварца. Светопреломление наиболее крупных зерен граната из пятнистой темно-розовой яшмы 1,862, что отвечает андрадиту. Светопреломление тонкозернистого граната измерить не удалось; размеры же элементарной ячейки последнего, по данным дифрактограммы: $a_0 = 11,96 \text{ \AA}$. Светопреломление тонкозернистого граната из карбонатного прослойка в красной однотонной яшме равно 1,827. Обе величины соответствуют андрадиту. Гематит находится преимущественно в виде тонкой пыли, реже в виде мелких чешуек. В некоторых разностях красной яшмы широко развит актинолит, бесцветные иголки которого размером до $0,4 \times 0,003 \text{ мм}$ заключены в зернах кварца. Встречаются также разности, содержащие коричневую слюду с резко выраженным плеохроизмом; размер чешуек до $0,16 \times 0,016 \text{ мм}$.

На дифрактограммах красной яшмы, кроме кварцевых пиков, хорошо выражены пики граната, значения которых те же, что и для граната из белой яшмы (табл. 3). Кроме того, иногда обнаруживаются пики актинолита (3,129; 2,945 и $1,511 \text{ \AA}$ близкой интенсивности) и гематита.

Таблица 3

Межплоскостные расстояния граната из белой яшмы месторождения Западное

Fe-антикатод, 35 кв, 7 ма, $a_0 = 11,95 \text{ \AA}$

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i>	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i>	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i>
400	6	2,990	521	1,5	2,182	800	1	1,494
420	10	2,674	611	2	1,940	840	1	1,337
332	1	2,559	620	0,5	1,887	842	2	1,301
431	2	2,344	642	4	1,596			

Частичный химический анализ одного из образцов розовой яшмы (Яковлева, 1970) показал, что в ней содержится (в вес. %): Al_2O_3 1,80; Fe_2O_3 4,50; FeO 0,30; MnO 0,35; MgO 0,00; CaO 4,87. Пересчет на минеральный состав дает: 82,5% кварца, 15,0% граната, 1,5% гематита, 1% магнетита.

Белая яшма образует полосы шириной около 2 см, чередующиеся с полосами красной яшмы. Белая яшма состоит главным образом из кварца и граната. Ее химический анализ (в вес. %) следующий: CaO 7,19; Al_2O_3 3,57 и Fe_2O_3 5,47. По этим данным, граната — около четвертой части породы. Размер зерен кварца около 0,006 мм, такой же величины стяжения мельчайших (около 1—2 мк) зернышек граната. Подчиненное значение имеют актинолит (3%), образующий тонкие (до 8 мк) длинные иголки, и гидраргиллит (2%), обнаруженный окрашиванием раствором ализарина.

На дифрактограмме белой яшмы хорошо проявлены пики кварца и граната. Межплоскостные расстояния и интенсивности их приведены в табл. 3. Сопоставление величины элементарной ячейки и приведенного выше химического анализа показывает, что гранат состоит из андрадита (74%), гроссуляра (13%) и спессартина (13%).

Заключение

Как видно из изложенного, общим для всех описанных разностей яшм трех различных месторождений является присутствие в их составе граната (Яковлева, 1970). А. Е. Малахов и К. М. Наделяев (1940) также указывают на гранат в яшме, но в виде редких находок. Они отмечают присут-

ствие зеленого граната на Ворошиловском (Анастасьевском) месторождении в крутопадающем висячем боку яшмовой линзы, где он образовался под влиянием контактового воздействия диабазов. Обнаружен гранат в брекчиевидной разности горы Полковник: в полосчатых кусках брекчий и в контурных участках обломков яшмы. Ромбододекаэдры граната наблюдались в каемке игл спикул губок. Интересно также, что в розовых кольцах яшмы с концентрическим рисунком А. Е. Малахов и К. М. Надеяев отмечают хлопьевидное вещество в виде изометричных телец размером 0,01—0,03 мм и более, а белый цвет яшмы они объясняют присутствием глинистого вещества.

Наши исследования минерального состава яшм свидетельствуют о том, что глинистые минералы в них отсутствуют. Хлопьевидное вещество, а также вещество, принимаемое за глинистое, являются не чем иным, как широко развитым гранатом, который наряду с кварцем является главным породообразующим минералом, и количество его в некоторых разностях достигает 25%. Необходимо также подчеркнуть, что состав граната во всех разностях яшм независимо от месторождения характеризуется относительным постоянством и близок андрадиту.

Не касаясь вопроса о происхождении пестроцветных яшм, следует подчеркнуть, что широкое развитие в их составе граната свидетельствует о том, что они претерпели метаморфизм.

Н. В. Соболев (1964) отмечает, что кальциевые гранаты являются обычными минералами различных известково-силикатных пород, связанных своим происхождением с контактово-метаморфическими процессами. Это известково-силикатные роговики, скарноподобные породы, контактовые мраморы. Состав гранатов в этих породах широко колеблется в пределах гроссуляр-андрадитового ряда, в роговиках же чаще наблюдаются гроссуляровые гранаты.

Описываемые яшмы, как уже указывалось, залегают в толще альбитизированных, хлоритизированных и актинолитизированных эффузивов. Гранат в составе эффузивных пород не встречен даже в контакте с яшмой. Термальное воздействие эффузивов на вмещающие породы обычно проявляется слабо, и измененная зона измеряется несколькими сантиметрами (Харкер, 1937). Мощность же содержащих гранат яшмовых тел на горе Полковник достигает 3 м. Согласно приведенным данным, нет оснований связывать развитие граната в яшме с контактово-метаморфическими процессами. Вероятнее всего, региональный метаморфизм, которому подверглась вся эффузивная толща, является причиной, вызвавшей развитие граната в телах яшм. Состав граната, по М. П. Атертону (1967), в основном контролируется химизмом вмещающей породы и не может указывать на степень метаморфизма. Однако присутствие актинолита и эпидота в яшме свидетельствует, по Д. С. Коржинскому (1961, 1963), о том, что метаморфизм близок к среднетемпературному. По данным Б. В. Милль и Д. В. Калинина (1936), Д. В. Калинина и Н. Д. Денискина (1967), синтезировавших гранаты гроссуляр-андрадитового состава, наиболее низкая температурная граница образования андрадита находится около 255—280°С, оптимальные условия гидротермального синтеза лежат в области щелочных и нейтральных растворов, однако он может быть синтезирован и в слабокислой обстановке.

ЛИТЕРАТУРА

- Атертон М. П. Состав гранатов в региональных метаморфизированных породах. — В кн. «Природа метаморфизма». Изд-во «Мир», 1967.
- Игумнов А. Н. О природе стебельчатого кварца и яшмовидных прослоев в колчеданных месторождениях Среднего и Южного Урала. — Труды Горно-геол. ин-та УФ АН СССР, 1955, вып. 26, № 3.
- Игумнов А. Н. О текстурных особенностях пестроцветной яшмы Южного Урала. — Труды Горно-геол. ин-та УФ АН СССР, 1960, вып. 35, № 4.

- Игумнов А. Н.* О происхождении пестроцветной яшмы Орского Урала. — В кн. «Магматизм, метаморфизм и металлогения Урала». Т. 2. 1963.
- Калинин Д. В., Денискин Н. Д.* О химических условиях образования гранатовgrossуляр-андрадитового ряда и зависимости их железистости от кислотности-щелочности среды. — Геол. рудн. месторожд., 1967, 9, № 3.
- Коржинский Д. С.* Зависимость метаморфизма от глубинности в вулканогенных формациях. — Труды Лабор. вулканол. АН СССР, 1961, вып. 19.
- Коржинский Д. С.* Вопросы колчеданного оруденения в вулканогенных толщах. — В кн. «Магматизм, метаморфизм и металлогения Урала». Т. 2. 1963.
- Малахов А. Е., Наделяев К. М.* Генетические особенности месторождений орских пестроцветных яшм. — Труды и материалы Свердловск. горного ин-та, 1940, вып. 6.
- Миль Б. В., Калинин Д. В.* О нижней температурной границе образования гранатов в скарном процессе (экспериментальные данные). — Докл. АН СССР, серия геол., 1966, 167, № 3.
- Соболев Н. В.* Парагенетические типы гранатов. Изд-во «Наука», 1964.
- Харкер А.* Метаморфизм. ОНТИ — НКТП, 1937.
- Яковлева М. Е.* Гранатсодержащие пестроцветные яшмы Южного Урала. — Докл. АН СССР, серия геол., 1970, 191, № 5.