

М. Е. ЯКОВЛЕВА

О НАУРУЗОВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ЯШМЫ
(Башкирская АССР)

Дер. Наурузово расположена на левом берегу р. Урал в 25 км выше г. Верхне-Уральска. Яшмы обнажены на южном склоне крутой горы, у подножья которой раскинулась деревня, а также на склоне соседней горы, омываемой р. Урал. В первом участке яшмы очень хорошо вскрыты в виде естественных выходов, а также большим количеством свежих канав, а во втором — несколькими старыми заброшенными выработками.

По данным, сообщенным В. Г. Маловым и Т. В. Подольской, вмещающие породы представлены альбитофирами и их туфами, отнесенными к карамалыташской свите. Яшмы образуют линзовидные и пластовые тела и подразделены на два типа: ленточные и однотонные или неяснополосчатые.

Ленточные яшмы развиты в западной части месторождения. Это пластовое тело красно-бурой полосчатой яшмы, висячем боку которого прослеживается прослой контрастной голубовато-коричневой ленточной яшмы, носящей название «кошкульдинской». Полосы параллельные, иногда слабо волнистые, ширина их 1—10 мм, чаще около 5 мм. Местами в зеленых полосах точечная вкрапленность гематита и пирита, размером 1—3 мм. А. Е. Ферсман (1922, 1954, 1960) о кошкульдинской яшме писал как об исключительно красивом поделочном камне, составляющем одну из достопримечательностей Урала. Особенность ее проявляется в чередовании темно-красных до вишневых и буровато-красных полос с серовато- или голубовато-зелеными и густо или ярко-зелеными, что создает красивые ленточные рисунки.

Однотонные и неяснополосчатые яшмы более широко развиты, чем ленточные. Преобладают неяснополосчатые яшмы с чередованием темно-зеленых и сургучно-красных нечетких расплывчатых полос. Ширина зеленых полос от нескольких миллиметров до 10—18 см, но зеленая окраска, как правило, неоднородна и в ней наблюдается чередование светло- и темно-зеленых полос шириной 0,5 см. Красные полосы обычно имеют ширину 0,5—2,0 см, редко 10—12 см. Переход зеленых тонов в бурые постепенный. Отдельные участки сложены однотонной разновидностью сургучно-красного цвета — шоколадные яшмы. Встречаются также однотонные яшмы голубовато-зеленой расцветки.

В обнажениях яшм местами хорошо выражена складчатость с простираем слоев СВ·20° (рис. 1). Контакты яшмовых тел с вмещающими породами резкие, причем в некоторых обнажениях наблюдалось дробление и перетирание по контакту как самих яшм, так и вмещающих пород.

Нами яшмы подразделены по цвету на три группы: буровато-красные (сургучные), зеленые и серые. В каждой группе наблюдаются различные оттенки, а также более тонкая полосчатость, хорошо проявляющаяся на

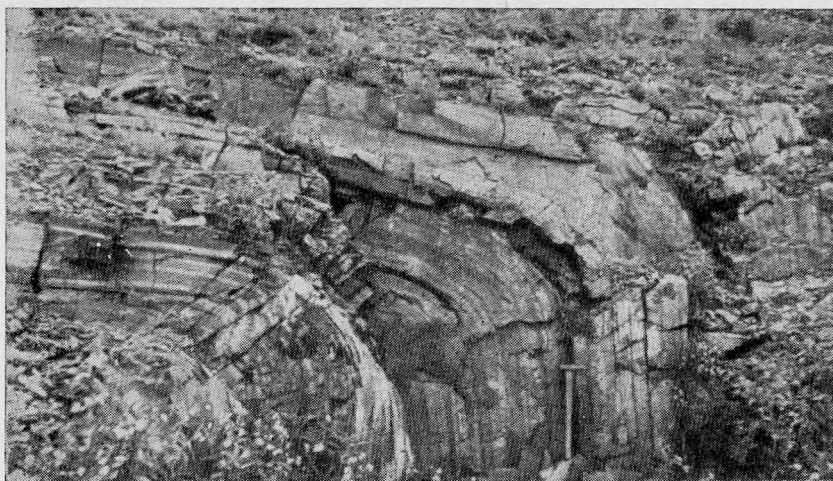


Рис. 1. Коренное обнажение яшмы Наурузовского месторождения

плоскостях выветривания. Иногда в сургучных и зеленых полосах присутствуют белые или кремовые прослойки, а в зеленых, кроме того, халцедоновидные обособления.

Яшмы слабо пиритизированы, причем кубики пирита иногда достигают 2 мм. Местами они пронизаны тонкими кварцевыми, кварц-эпидотовыми и кварц-пренит-эпидотовыми прожилками.

Макроскопически полосы сургучного цвета имеют афанитовый облик, а зеленого и серого как афанитовый, так и тонкозернистый. При микроскопическом исследовании установлено, что афанитовые разности представляют собой яшмы, а тонкозернистые — туфы. Среди сургучных разностей туфы не встречены.

Интересно отметить, что на крутом склоне горы, омываемой р. Урал, встречено небольшое тело мясокрасной неоднородно окрашенной яшмы с характерной коломорфно-плойчатой текстурой. Такие образования И. В. Хворова (1968) рассматривает как своеобразные подводные «кремнистые травертины».

Ниже изложены результаты исследования минералогического состава яшмы наурузовского месторождения, основанные на данных полуколичественного спектрального анализа¹ (28 анализов), рентгеновского изучения² (21 дифрактограмма), микроскопического исследования (23 шлифа)³ и термографии (4 термограммы до 1000° С).

Яшма зеленого цвета. Яшма (образцы М30016, М30023, М30020) сложена преимущественно криптокристаллическим халцедоном и кварцем, редко встречаются зерна размером 2—3 мк. Более крупнозернистый халцедон выполняет округлые и миндалевидные образования, имеющие до 0,2 мм в диаметре. В них он не замутнен примесями и поэтому эти миндалины четко выделяются на общем фоне породы. Хлорит (образцы М30016, М30023) пользуется широким развитием. Он равномерно рассеян в породе в виде чешуек, размером не более 3—7 мк, а также выполняет округлые и миндалевидные обособления, в которых иногда различимы более крупные чешуйки ярко-зеленого пеннина. Количество округлых и миндалевидных обособлений или «глазков», выполненных хлоритом, очень непостоян-

¹ Спектральные анализы и кривые нагревания выполнены в ИГЕМ АН СССР.

² Дифрактограммы сняты на кафедре кристаллографии МГУ.

³ Краткое петрографическое исследование кошкульдинской ленточной яшмы приведено у А. Е. Ферсмана (1922).

но; но иногда они составляют около 10%. По-видимому, это поры, образовавшиеся при усыхании коллоидного кремнезема, заполненные хлоритом при перекристаллизации породы. Эпидот представлен то скелетными формами, напоминающими обрывки волокон, то неправильными зернами до 0,5 мм. Распределен неравномерно. В отдельных слоях его сравнительно много, и он достаточно четко проявляется на дифрактограммах. Пумпеллит встречается в виде мелких светло-зеленого цвета зерен и также иногда дает четкие пики на дифрактограммах. Гранат обнаружен на двух дифрактограммах в виде трех (400, 420, 642) четковыраженных небольших пиков (обр. М30015; 2,9737, 2,6629, 1,5959 Å; обр. М30024; 2,9702, 2,6681, 1,5945 Å), что отвечает $a_0 = 11,91 \text{ Å}$, т. е. гроссуляру. Присутствует пирит, кубики которого достигают 2 мм (обр. М30018). Кальцит очень редок; ксенобласты его достигают 1 мм. Гидраргиллит (обр. 35456) образует чешуйки до 0,02 мм в длину, хорошо различимые благодаря высокому двупреломлению и параллельной ориентировке. Микроскопически он устанавливается не во всех образцах, но положительный результат реакции окрашивания спиртовым раствором ализарина дают также и те образцы, где он не различим. На некоторых дифрактограммах присутствуют небольшие, но четкие пики 3,18 и 4,00 Å, принадлежащие альбиту.

Породы рассечены тонкими кварцевыми, иногда с кальцитом, кварцево-эпидотовыми и эпидотовыми прожилками.

Химический анализ хлорит-халцедоновой зеленой яшмы приведен в табл. 1. Спектральный анализ обнаружены: десятые доли процента Cr, сотые — Ni, V, тысячные — Ba, Zr, Co, Zn, Cu, Nb, Pb, Mo.

Таблица 1

Химический состав зеленой яшмы (обр. М. 30016)

Компоненты	Вес. %	Компоненты	Вес. %	Компоненты	Вес. %
SiO ₂	87,69	MnO	0,19	H ₂ O ⁺	1,54
TiO ₂	0,08	MgO	1,82	H ₂ O ⁻	0,51
Al ₂ O ₃	4,89	CaO	0,22	S	2,00
Fe ₂ O ₃	не обн.	Na ₂ O	0,02	—O=S	1,00
FeO	2,25	K ₂ O	0,02		
				С у м м а	100,23

Аналитик Г. А. Осолодкина.

Форма нахождения серы не установлена. Возможно, она входит в состав тонкодисперсного пирита, не различимого под микроскопом.

На дифрактограмме анализированного образца хорошо проявлены пики кварца и слабо хлорита. Межплоскостные расстояния последнего 4,69, 3,54, 2,40, 1,51 Å. На кривой нагревания яшмы очень полого и слабо проявлено модификационное превращение кварца, что характерно для халцедона и свидетельствует о его преобладании над кварцем.

Приближенный пересчет приведенного химического анализа на минералогический состав с учетом данных рентгеновского исследования и термики дал следующее (вес. %): халцедона с примесью кварца 85, хлорита 7,5, гидраргиллита 4, пирита 3,5.

Таким образом, анализированная яшма является в основном халцедоновой, а примесь хлорита окрашивает ее в зеленый цвет, на который в отдельных более тонких слоях накладывается коричневый оттенок, обусловленный тонкораспыленной примесью гематита.

В тонкополосчатой «кошкульдинской» яшме (обр. 35455, М30015, М30019, М30018) зеленые слои окрашены в более яркие тона. В их составе наряду с халцедоном, кварцем и хлоритом присутствуют альбит, гранат и

пумпеллит. Последний также способен вызвать зеленую окраску, как это установлено для яшмы из Ташаула (Яковлева, Путалова, 1971; Яковлева, 1973).

Яшма буровато-красная. Эта яшма (обр. 6328 ПДК), чередующаяся с зеленой, состоит также в основном из крипто- и микрораскристаллического халцедона с подчиненной примесью кварца, что подтверждается двумя кривыми нагревания, на которых модификационное превращение кварца проявлено недостаточно резко, но более четко, чем в зеленой яшме. Кроме того, в описываемой яшме широким развитием пользуется гематит (обр. М 30025) в виде тончайшей пыли и мельчайших комочков, придающий ей буровато-красную окраску. Судя по дифрактограммам гематит бывает как плохо раскристаллизованный, так и достаточно хорошо. Последний образует ряд четких пиков с межплоскостными расстояниями 3,672, 2,694, 2,513, 1,835, 1,656, 1,464 Å. Встречается хлорит, ярко-зеленые чешуйки которого совместно с более крупнозернистым халцедоном выполняют округлые, почти лишённые гематита образования до 0,3 мм в диаметре. Различим эпидот в виде мелких зерен и скелетных форм, подобных скрученным волокнам. Хлорит и реже эпидот в некоторых слоях буровато-красной яшмы составляют проценты и проявляются в виде четких пиков на дифрактограммах. Гидраргиллит образует тончайшие чешуйки. Иногда в округлых более зернистых образованиях «глазках» присутствует пумпеллит. Альбит микроскопически не различим, но проявляется на некоторых дифрактограммах в виде небольшого, но четкого пика 3,18 Å.

Данные 5 спектральных анализов свидетельствуют, что в одних разностях буро-красной яшмы Mg составляет целые проценты, а Ca десятые доли, в других наоборот и в третьих и Mg и Ca представлены долями процента. Al представлен процентами, причем самое низкое содержание его — 1%. При низком содержании Mg и Ca и высоком Al последний входит в состав гидраргиллита, что подтверждено реакцией окрашивания спиртовым раствором ализарина. Окрашивание порошка проявляется четко, несмотря на наличие его собственной окраски. Количество Na в яшмах от 0,1 до 1% и в пересчете на альбит составляет максималльно около 8%. Содержание Fe во всех случаях высокое.

В некоторых разностях буровато-красной яшмы под микроскопом различимы тонкие спиккулы губок, выполненные чистым более крупнозернистым кварцем и поэтому очень четко выделяющиеся на гематитовом фоне.

Резко отличается от вышеописанной яшмы неполосчатая мясокрасная, неоднородноокрашенная яшма с коломорфно-плойчатой текстурой (обр. М 30022), встречающаяся на горе, омываемой р. Урал. Она состоит из кварца и гематита и обладает неоднородной зернистостью. Кварц изометричный с прямолинейными контурами образует кучные скопления то очень мелких зерен размером около 0,01 мм, то более крупных до 0,16 мм. Кварц присутствует как чистый, прозрачный, так и переполненный пылевидным гематитом. Гематит пылевидный и чешуйчатый. Чешуйки его размером около 3—5 мк, просвечивают красным цветом. Они образуют вместе с кварцем скопления округлой формы размером до 0,1 мм в диаметре, которые в свою очередь создают кучные скопления, макроскопически различимые в виде черных участков на красном фоне, обуславливающих своеобразную текстуру. Спектральным анализом в составе яшмы, кроме преобладающих Si и Fe, установлены десятые доли процента Р и сотые доли — Mn, Ni, Mg, Al, Cr и Ca.

Особый интерес вызывают встречающиеся в мясокрасной яшме светлорозовые участки неправильной формы с четкими, но нерезкими очертаниями (обр. М 30026). Структура этих участков такая же, как и окружающей мясокрасной яшмы, но состав их отличается меньшим содержанием гематита и широким развитием граната. Гранат представлен глобулями от 2 до 8 мк, которые в свою очередь вместе с кварцем создают округлые скопления до 0,08 мм в диаметре. На дифрактограмме хорошо проявлены пики

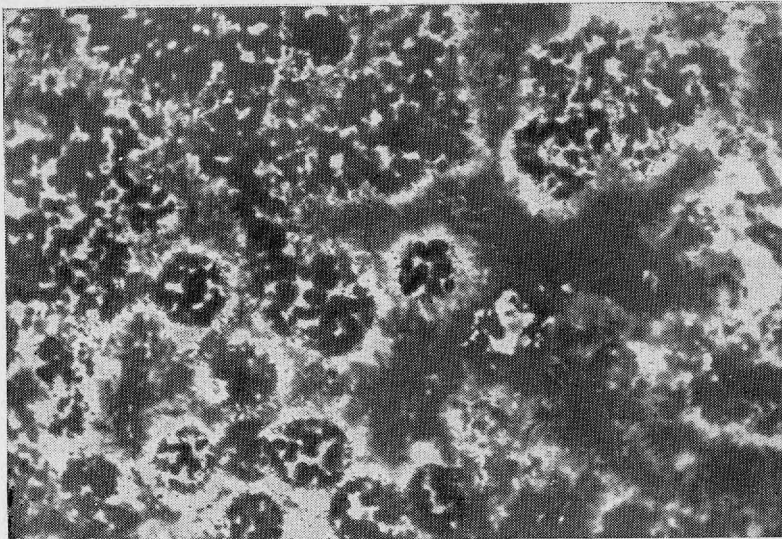


Рис. 2. Андрадитсодержащая яшма (обр. 30021 М). Без анализатора, увел. 150
Светлое — кварц, черные округлые образования — андрадит, черный фон — гематит

кварца, гематита и граната. Межплоскостные расстояния последнего приведены в табл. 2.

Спектральным анализом установлено, что кроме преобладающих Si, Fe, Ca в составе розовых участков присутствуют Al (десятые доли процента), Mg, Na, Mn (сотые), Ti, Nb, Cr, Ba (тысячные) и Ga, Mo, Cu, Ni (десятитысячные).

Т а б л и ц а 2

Межплоскостные расстояния граната, установленные по дифрактограмме (обр. М 30021)

<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i>	$a_0, \text{Å}$	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i>	$a_0, \text{Å}$
400	6	3,003	12,01	620	1	1,905	12,05
420	10	2,694	12,04	642	7	1,610	12,05
431	1,5	2,364	12,05	800	1,5	1,505	12,04
521	1,5	2,200	12,05	840	1,5	1,348	12,05
611	2,5	1,956	12,05	842	1,5	1,314	12,04

a_0 (сред.) = 12,04 Å. Условия съемки: Си-излучение.

Таким образом, все изложенное свидетельствует о том, что гранат в розовых участках яшмы имеет состав андрадита. Структура описываемой яшмы и характер выделений андрадита отражены на рис. 2.

Яшма серая кремнеподобная состоит из халцедона с примесью кварца. Зерна с зазубренными очертаниями. В одних разностях их размер не превышает 2 мм, в других от 0,01 до 0,06 мм. В крипнокристаллических разностях (обр. 35456) присутствует тонкочешуйчатый, равномерно распределенный гидраргиллит размером не более 0,03 мм в длину. Порошок яшмы хорошо окрашивается спиртовым раствором ализарина. Хорошо окрашиваются также и те образцы, у которых микроскопически гидраргиллит не распознается. Спектральный анализ показал, что Al во всех случаях составляет единицы процентов, тогда как другие элементы (кро-

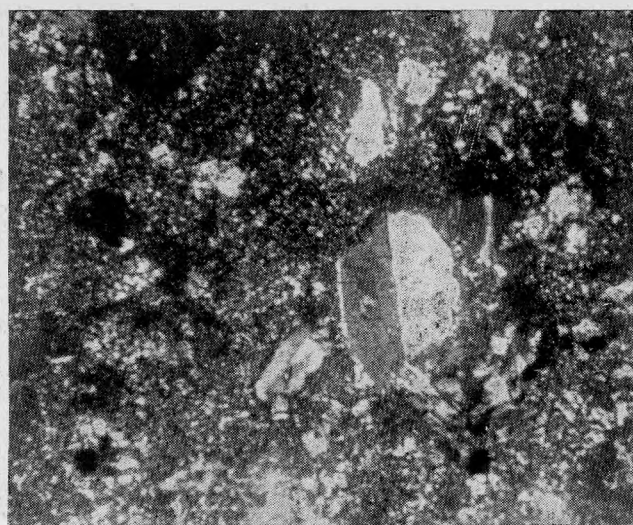


Рис. 3.
Туф.
Николи +.
Увел. 90

ме Si) — десятые и сотые доли. В некоторых разностях серой яшмы присутствует большое количество остатков радиолярий до 0,16 мм в диаметре, выполненные более крупнозернистым кварцем и халцедоном и редко халцедоном и эпидотом.

Встречаются в серых яшмах редкие зерна эпидота, кальцита и комочки органического вещества до 0,07 мм. На дифрактограммах наблюдаются только пики кварца.

Яшма белого цвета. Яшма (обр. 6317 ПДК) обладает зеленоватым или желтоватым оттенком в зависимости от цвета окружающей яшмы. Образует то тонкие прослойки, то неправильные участки. Халцедон и кварц — преобладающие минералы в составе белой яшмы, образуют крипто- и микросталлитический агрегат с величиной зерен не более 2 мк. Кроме того, присутствует эпидот в виде зерен и дендритов; количество его иногда достигает 17%. Некоторые разности содержат ксенобласты пренита (обр. М 30017) до 0,8 мм. Гидраргиллит развит в виде тончайших чешуек до 7 мк в длину.

Спектральным анализом установлено преобладание в яшме Si, Al, Fe, Ca; десятые доли процента Na, Mg, P; сотые — Mn, Zn, Ti, Zr, Sr.

На дифрактограммах, кроме пиков кварца, хорошо проявлены в одних случаях пики эпидота, а в других — пренита.

Туфы. Зеленого цвета тонкозернистые туфы состоят из угловатых обломков минералов, разложенного стекла и горных пород. Размер обломков в одних разностях не превышает 0,17 мм, а в других 0,65 мм. Более развиты туфы, содержащие неотсортированный материал (рис. 3), но встречены также разности, состоящие из обломков, близких по размерам. Преобладают кристаллокластические туфы, состоящие из обломков кварца и альбита, редких зерен авгита, амфибола, апатита и циркона. Среди обломков горных пород более развиты сложенные лейстовидным альбитом. Цементирующая масса представлена хлоритом и реже селадонитом. Некоторые разности туфов обогащены эпидотом. Редко встречаются зерна пумпеллиита и кальцита. Присутствуют комочки органического вещества. Гидраргиллит установлен только путем реакции окрашивания порошка.

Получены данные спектрального анализа 5 образцов туфов. В них преобладают Si, Al, Fe, Mg. Содержание Ca колеблется от целых процентов до десятых долей процента. Количество Na также варьирует от десятых долей до целых процентов. Пламенной фотометрией в одном из образцов

установлено Na_2O 3,63% и K_2O 6,54%, что в пересчете на полевые шпаты соответствует 30% альбита и 38% калиевого полевого шпата.

На дифрактограммах хорошо проявлены пики кварца, достаточно четко альбита, адуляра и хлорита. В одном случае получены четкие пики селадонита, что хорошо согласуется с содержанием в данном образце 0,64% Na_2O и 1,63% K_2O (обр. М 30055).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наурузовские яшмы по минералогическому составу образуют самостоятельную группу. В них широко развиты халцедон и хлорит, реже те же минералы с примесью эпидота и пумпеллиита в зеленых слоях, и халцедон с гематитом в буро-красных. Перемежающиеся с яшмами туфовые прослойки также имеют зеленую окраску, которая обязана присутствию хлорита и реже селадонита. Макроскопически туфы почти не отличимы от яшм или отличаются шероховатостью поверхности излома. Весь комплекс минералов как в яшмах, так и в туфах свидетельствует о весьма низкотемпературном метаморфизме, который претерпели эти породы. Однако присутствие гроссуляра в зеленых яшмах и андрадита в мясокрасных указывает на то, что в обоих случаях условия метаморфизма были близки описанным для яшм Орского и Старо-Муйнаковского месторождений (Яковлева, 1970, 1972, 1973). Отличие заключается в различном химическом составе первоначальных осадков, подвергшихся метаморфизму. В Орском и Старо-Муйнаковском районах накопление кремнезема сопровождалось одновременным выпадением осадка, обогащенного кальцием, а в районе дер. Наурузово он был обогащен магнием, и только в подчиненных прослоях яшмы и в участках отложения «кремнистых травертин» была незначительная примесь кальция. Выпадавшие вместе с кремнеземом алюминий и железо вошли в состав хлорита, эпидота, пумпеллиита. Избыточный алюминий представлен гидраргиллитом, а железо — гематитом. Оба минерала широко развиты в наурузовских яшмах.

Литература

- Ферман А. Е. Драгоценные и цветные камни России. Т. I. Пг., РАН, 1922.
Ферман А. Е. Очерки по истории камня, т. I. М., Изд-во АН СССР, 1954.
Ферман А. Е. Путешествия за камнем. М., Изд-во АН СССР, 1960.
Хворова И. В. Кремненакопление в геосинклинальных областях прошлого. — Труды Геол. ин-та АН СССР, 1968, вып. 195.
Яковлева М. Е., Путалова Л. С. О минералогическом составе некоторых яшм. — Труды Минер. музея АН СССР, 1971, вып. 20.
Яковлева М. Е. Гранатсодержащие пестроцветные яшмы Южного Урала. — Докл. АН СССР, 1970, 191, № 5.
Яковлева М. Е. Минералогический состав некоторых разновидностей пестроцветной яшмы Южного Урала. — Труды Минер. музея АН СССР, 1972, вып. 21.
Яковлева М. Е. Яшмы дер. Старо-муйнаково Учалинского района Южного Урала. — Труды Минер. музея АН СССР, 1973, вып. 22.
Яковлева М. Е. О минералогическом составе Мулдакаевской, Аушкульской и Ташауловской яшмы, Башкирской АССР. — Труды Минер. музея АН СССР, 1973, вып. 22.