

В. Г. Кориневский

НАХОДКА ЖЕДРИТОВЫХ ПОРОД В ИЛЬМЕНОГОРСКОМ КОМПЛЕКСЕ

V. G. Korinevskyi

FIND OF GEDRITE ROCKS IN ILMENOGORSK COMPLEX

For the first time the items of information on composition of gedrite-containing rocks and gedrite proper, revealed by the author in the zyryanovsk block of kyshtym stratum of Ilnenogorsk complex on the South Urals, are given. Gedrite is found out in two varieties of crystalline schists: biotitic and cummingtonitic, and also in cummingtonitic amphibolites.

The most essential distinction between gedrite from crystalline schists and one from amphibolites is the low contents of Al_2O_3 in the last. The composition of gedrite (wt. %) from crystalline schists (average from 11 tests): SiO_2 –44.54, TiO_2 –0.26, Al_2O_3 –15.3, FeO –18.76, MnO –0.29, MgO –15.66, CaO –0.53, Na_2O –1.16, K_2O –0.02. The composition of gedrite (wt. %) from cummingtonitic amphibolites (average from 2 tests): SiO_2 –50.81, TiO_2 –0.24, Al_2O_3 –8.17, FeO –17.00, MnO –0.42, MgO –19.49, CaO –0.60, Na_2O –0.57, K_2O –0.01.

The data of Messbauer's spectrum speak about absence of ions Fe^{3+} in the Ilmens' gedrites. Gedrite rocks of Ilmens are close by composition to similar rocks of alexandrovskiy complex in the Uraltau zone.

It was concluded, that gedrite rocks are blocks – inclusions in hosted less changed Kyshtym stratum.

До сих пор при стратиграфическом расчленении гнейсово-амфиболитовых и кварцито-сланцевых толщ ильменогорского комплекса Южного Урала за основу принимается степень их метаморфических преобразований. При этом считается, что породы кыштымской (заозерной) и саитовской толщ метаморфизованы в условиях эпидот-амфиболитовой фации [8]. Между тем, в последние годы на площадях развития этих толщ нами обнаружены породы, содержащие минералы, указывающие на более высокие ступени метаморфизма. Одним из таких индексирующих минералов является жедрит — типичный порообразующий минерал метаморфических пород, характерных для амфиболитовой, реже гранулитовой фаций [5, 4].

В небольшом числе публикаций и рукописных отчетов (Д. С. Белянкин, 1909 г.; К. И. Постоев, 1947 г.; [2]) присутствуют указания на находки жедрита в Ильменских горах. При этом отмечается, что этот минерал характерен для метаморфизованных гипербазитов и по большинству оптических параметров, морфологии индивидов близок к антофиллиту. К жедриту же он отнесен на основании отрицательного оптического знака. Именно так, оптически отрицательным, определялся в те годы жедрит в известных учебниках А. Г. Бетехтина, В. И. Лучицкого, В. Н. Лодочникова и др. Сведений о химическом составе ильменского «жедрита», его структуре в упомянутых работах не приводилось. В настоящее время общепринято, что железисто-магнезиальные жедриты, на самом деле, всегда оптически положительны [5, 10]. Таким образом, ромбический амфибол из метагипербазитов Ильмен, имеющий отрицательный оптический знак, ошибочно принимался за жедрит. Петрографические исследования последних десятилетий Т. А. Смирновой, И. Ф. Романовича, А. С. Варлакова и др., сопровождаемые данными химического анализа, подтверждают отнесение этого минерала к антофиллиту. А жедрит в ильменогорском комплексе к настоящему времени фактически оставался неизвестным.

Жедритсодержащие породы обнаружены нами в 1995 г. на восточном побережье оз. Бол. Миассово на южном берегу залива Зыряновка. Они входят в состав блока высокометаморфизованных образований (верхи амфиболитовой фации), расположенных среди менее измененных амфиболитов и кварцитов кыштымской толщи. За пределами зыряновского блока эти породы пока не встречены. Представлены они плагиоклазовыми кристаллосланцами и амфиболитами. По химическому составу (табл. 1) эти породы являются высокоглиноземистыми магнезиальными метабазами. Повышенное количество SiO_2 в одной из проб кристаллосланцев (ИК-105-14) вызвано присутствием в породе тонких прожилков кварца. Обращают на себя

внимание также высокие содержания MgO, CaO и почти полное отсутствие K₂O, очень слабая окисленность железа, небольшое количество TiO₂.

Известны две разновидности жедритсодержащих кристаллосланцев. Первая из них — это плотная светло-серая, местами с бурыми полосами обохрения, порфирированная неравномернозернистая порода, сложенная на 40—50 % практически незональными изометричными зернами основного плагиоклаза (№ 62—90) (номера плагиоклазов определены на столике Федорова и подтверждены микрозондовыми анализами) и мелкозернистым агрегатом призматических зерен магнезиального ($m = 0.65—0.67$) куммингтонита (15—20 %), иногда в синтаксических сростках с зеленой чермакитовой роговой обманкой (около 1 %). На этом фоне выделяются более крупные (3—5 мм) слабозональные кристаллы пироп-альмандина, содержащие большое количество мелких включений ильменита. Существенно магнезиальный гранат (23—28 % пиропового минала) занимает 5—7 % объема породы, концентрируясь в виде вкрапленности в пределах отдельных полос. Узкие и длинные (до 10—20 мм), иногда угловато-изогнутые, призмы жедрита группируются в полосы шириной от 20 до 100 мм по периферии плоских будин, на которые обычно разбиты прослои гранатовых кристаллосланцев. В пределах этих полос большая часть кристаллов жедрита располагается удлинением параллельно границам полос, но в их плоскостях ориентированы беспорядочно. В таких участках жедрит слагает 15—20 % объема породы. Как правило, кристаллы жедрита содержат много включений мелких зерен ильменита, плагиоклаза, иногда кварца.

Таблица 1

Химический состав (мас. %) жедритсодержащих метаморфических пород зырянского блока Ильмен

Проба	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O	п. п. п.	P ₂ O ₅	F	CO ₂	Сумма
ИК-105-14	55.27	1.45	19.35	1.01	6.07	0.13	5.83	8.02	1.09	<0.20	<0.10	0.56	0.48	0.08	0.13	99.77
ИК-105-9	47.71	0.76	18.70	0.99	8.12	0.18	11.17	9.73	0.87	<0.20	-	0.81	0.24	0.03	0.17	99.68
ИК-105-12	47.78	0.75	18.44	1.17	8.30	0.19	11.55	9.56	0.72	<0.20	-	0.66	0.21	0.06	-	99.59

Примечание: Анализы выполнены М. С. Свиренко в химлаборатории ИМин УрО РАН. ИК-105-14 — жедрит-гранатовый куммингтонитовый кристаллосланец с кварцевыми прожилками. ИК-105-9 и ИК-105-12 куммингтонит-роговообманковые амфиболиты с жедритом.

Зональности ни по цвету, ни по составу кристаллы жедрита не обнаруживают. В основной ткани породы заметный объем (1—3 %) в переменных соотношениях слагают мелкие кристаллы ильменита и рутила. Нередко в полосах, обогащенных гранатом, встречается вкрапленность пирита и пирротина.

Вторая разновидность жедритсодержащих кристаллосланцев — биотитовые. Ими сложен основной объем зырянского блока пород. Это равномерно-среднезернистые довольно рыхлые с поверхности породы, сложенные, преимущественно, основным плагиоклазом (№ 54—97), вермикулитизированным магнезиальным биотитом (15—20 %), бурыми призмами жедрита (до 5 %), мелкими выделениями ильменита (1—3 %), иногда зернами длиной 1—3 мм ставролита и дравита (до 3 %). Последние включений не содержат, тогда как жедритовые кристаллы нередко ими насыщены (ильменит, плагиоклаз). Количество жедрита увеличивается в краевых зонах пропластков кристаллосланцев. Крупные ромбододекаэдры (до 1—3 см в поперечнике) слагают зональные кристаллы пироп-альмандина. Их более светлые ядра нередко насыщены включениями ильменита, плагиоклаза, кварца, иногда — ставролита и кианита. Внешние зоны граната — более темные и относительно однородные. Они существенно богаче MgO (до 8.1 %) и беднее MnO (около 1.9 %), чем внутренние зоны (соответственно 5.5 % MgO и 3.8 % MnO), что однозначно говорит об увеличении давления при формировании внешних зон граната [4]. Чешуи биотита образуют каймы вокруг зерен граната. Порода часто содержит тонкие послойные прожилки и гнезда кварца (до 10%).

Как более поздний минерал, жедрит встречается в относительно редкой разновидности пород — куммингтонитовых амфиболитах. Это неравномернозернистая сланцеватая порода, имеющая лейкократовый (когда преобладает куммингтонит) либо меланократовый (когда чермакитовой роговой обманки больше, чем куммингтонита) облик. Основной их объем слагают изометричные зерна плагиоклаза (№ 52—95), а на долю куммингтонита и роговой обманки приходится 40—70 % объема породы. Гранаты здесь практически отсутствуют, а кварц местами образует секущие и послойные прожилки. Мелкие зерна ильменита и рутила занимают 1—2 % объема. Прослои амфиболитов обычно будинированы. Вдоль поверхностей будин, в том числе и

торцевых, развивается агрегат более крупных призм жедрита, которые в длину достигают 10—20 мм. Реже они образуют порфиридные выделения среди основной матрицы породы.

Уже отмечалось, что наибольший объем жедритсодержащих пород в зыряновском блоке приходится на долю биотитовых кристаллосланцев с рассеянными в них крупными кристаллами зонального пироп-альмандина. На побережье Зырянки этими сланцами сложена пачка мощностью более 10 м. Жедрит в заметных количествах присутствует здесь во всех прослоях кристаллосланцев, тогда как ставролит и дравит обнаружены лишь в отдельных пачках кристаллосланцев. Это указывает на первичную неоднородность подвергшихся метаморфизму пород, имеющих, вероятно, осадочную природу. Куммингтонитовые амфиболиты с жедритом образуют среди биотитовых кристаллосланцев маломощные (от 1—2 до 15—30 см) будинированные прослои. В отдельных образцах отчетливо видно, что жедрит концентрируется в каймах плагиосланцев, оконтуривающих будины амфиболитов, пересекающих их метаморфическую полосчатость. Вместе с тем, неоднократно наблюдались крупные призмы жедрита, ориентированные согласно полосчатости амфиболитов. Соотношение гранатовых куммингтонитовых кристаллосланцев с жедритом (рис. 1, 2) с другими разновидностями пород зыряновского блока достоверно выявить еще не удалось. Во всяком случае очевидно, что жедрит из кристаллосланцев, как биотитовых, так и куммингтонитовых, имеет признаки синхронного роста с другими минералами (биотитом, частично — с плагиоклазом), а жедрит из куммингтонитовых амфиболитов является относительно более поздним минералом.

Таблица 2

Химический состав (мас. %) жедритов из метаморфических пород зыряновского блока в кыштымской толще Ильмен

Породы	Биотитовые кристаллосланцы		Куммингтонитовые кристаллосланцы		Куммингтонитовые амфиболиты	
	ИК-105-39	ИК-105-55	ИК-105-13	ИК-105-14	ИК-105-9	ИК-105-12
SiO ₂	43.93	44.73	44.98	44.64	51.28	50.35
TiO ₂	0.18	0.23	0.27	0.28	0.17	0.31
Al ₂ O ₃	14.85	15.24	15.13	15.24	8.31	8.03
FeO	18.78	19.35	17.54	19.17	16.53	17.48
MnO	0.50	0.35	0.25	0.28	0.38	0.47
MgO	15.94	15.24	15.79	15.48	19.48	19.49
CaO	0.50	0.38	0.53	0.56	0.62	0.58
Na ₂ O	1.22	1.28	1.12	1.15	0.57	0.56
K ₂ O	0.02	0.04	0.01	0.02	0.02	0.02
Сумма	95.92	96.84	95.62	96.82	97.36	97.29

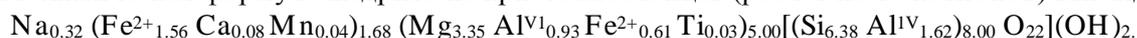
Примечание: Анализы выполнены Е. И. Чуриным и В. А. Муфтаховым на микроанализаторе Jeol Superprobe-733 в ИМин УрО РАН при U = 20 кВ, I = 25 нА. По данным мессбауэровского спектра ионы Fe³⁺ в минерале отсутствуют. В качестве эталонов применялись образцы, любезно предоставленные Е. Jarosewich, I. A. Nelen и I. Norberg (Department of Mineral Sciences, Smithsonian Institute, Washington). Содержания F и Cl в пробах составляют 0.01—0.04 и 0.01—0.02 % соответственно.



Рис. 1. Крупные кристаллы жедрита в куммингтонит-плагиоклазовой матрице кристаллосланцев: Мелкие черные зерна — ильменит. Шлиф ИК-105-13, проходящий свет, без анализатора. Увеличение 20

Как показывают данные микрозондового анализа (табл. 2), химический состав жедритов из обеих разновидностей кристаллосланцев оказался довольно близким, соответствующим диагностике этого минерала по общепринятой классификации Б. Лика [5, 10]. Средние данные по 11 пробам (мас. %): SiO₂—44.54, TiO₂—0.26, Al₂O₃—15.3, FeO—18.76, MnO—0.29, MgO—15.66, CaO—0.53, Na₂O—1.16, K₂O—0.02. Оптические и физические свойства жедритов из всех пород близки, но плотность их несколько различается: у пробы ИК-105-39 плотность 3.122 г/см³, а у пробы ИК-105-12 — 3.237 г/см³. (табл. 3).

Судя по параметрам мессбауэровских спектров (рис. 2, табл. 4), ионов Fe³⁺ в жедритах не обнаружено, а основная часть ионов Fe²⁺ располагается в позиции М4. С учетом сказанного, кристаллохимическая формула жедрита из кристаллосланцев (расчет на 15 катионов) выглядит так:



Жедриты из куммингтонитовых амфиболитов резко выделяются пониженными содержаниями Al₂O₃, более высокой магнезиальностью и кремнеземистостью (см. табл. 2). Их средний состав (по 2-м пробам, мас. %): SiO₂—50.81, TiO₂—0.24, Al₂O₃—8.17, FeO—17.00, MnO—0.42, MgO—19.49, CaO—0.60, Na₂O—0.57, K₂O—0.01. Кристаллохимическая формула жедрита из амфиболитов (расчет на 15 катионов):



Корреляция между количеством Al₂O₃ в жедритах и во вмещающих их амфиболитах и кристаллосланцах отсутствует, т. к. его содержания в обеих группах пород примерно равны (см. табл. 1). Для FeO и MgO такая зависимость, похоже, существует.

Таблица 3

Оптические и другие свойства жедритов из метаморфических пород зырянского блока

Породы Пробы	Куммингтонитовые кристаллосланцы			Куммингтонитовые амфиболиты	
	ИК-105-13	ИК-105-14	ИК-105-23	ИК-105-9	ИК-105-12
n _g	1.670	1.670	1.669	1.670	1.670
n _p	1.652	1.652	1.650	1.652	1.652
+2V, (град.)	62—78	-	65—74	-	68—76
cNg, (град.)	0—2	-	0—2	-	0—2
H, кг/мм ²	-	803—1132	-	813—1226	743—1505
a ₀ , А	18.49	18.52	18.47	-	18.42
b ₀ , А	18.02	18.10	18.32	-	18.16
c ₀ , А	5.32	5.29	5.26	-	5.32
V, А ³	1774.16	1773.34	1778.32	-	1779.00

Примечание: Показатели преломления определены в иммерсионных жидкостях; углы 2V и cNg — на пятиосном столике Федорова; микротвердость (H) — на микротвердометре «Durimet»; параметры элементарной ячейки — по расчетам дифрактограмм.

Таблица 4

Параметры мессбауэровских спектров жедритов из пород зырянского блока Ильмен

Пробы	Ионы Fe ²⁺ (в позициях М1, М2, М3)				Ионы Fe ²⁺ в позиции М4			
	IS	QS	W	S	IS	QS	W	S
ИК-1005-9	1.20	2.69	0.40	41.16	1.16	1.84	0.35	58.4
ИК-105-12	1.23	2.66	0.37	34.8	1.21	1.83	0.29	65.2
ИК-105-14	1.28	2.68	0.40	42.7	1.24	1.84	0.35	57.3
ИК-105-39	1.21	2.50	0.37	57.8	1.18	1.93	0.37	42.2

Примечание: параметры определены А. Б. Мироновым с помощью программы MOSREF. IS — изомерный сдвиг относительно нитропрусида натрия (мм/с); QS — квадрупольное расщепление (мм/с); W — полуширина линии (мм/с); S — процентное содержание компоненты спектра. ИК-105-9, 12 — жедриты из куммингтонитовых амфиболитов; ИК-105-14, 39 — жедриты из куммингтонитовых (ИК-105-14) и биотитовых (ИК-105-39) кристаллосланцев.

Жедрит в шлифах представлен прозрачными светло-коричневыми кристаллами со слабым плеохроизмом, с хорошо проявленными трещинами спайности и отдельности без двойников и следов замещения вторичными минералами, с резкими прямыми и ступенчатыми ограничениями. У всех, без исключения, измеренных зерен оказался оптически положительный знак, а параметры a₀ и b₀ примерно равны (см. табл. 3), что позволяет уверенно отличать жедрит от антофиллита. ИК-спектры обеих разновидностей жедритов практически идентичны (рис. 3) и обнаруживают те же полосы поглощения, что и жедриты, описанные из других районов [5]. Небольшая разница в мессбауэровских спектрах и их параметрах у жедритов из амфиболитов и кристаллосланцев обусловлена некоторым уменьшением содержания FeO в первых и заметно большим количеством MgO в них. Существенно важным оказалось отсутствие в жедритах ионов Fe³⁺. По химическому составу и большинству параметров (табл. 5) жедриты Ильмен сходны с их типовыми разновидностями [5, 9, 10]. Они близки к жедритам, выявленным в вишневогорском [7] и уфалейском [1] комплексах. К сожалению, в работе [7] нет описания конкретной геологической ситуации, в которой встречены жедритовые породы.

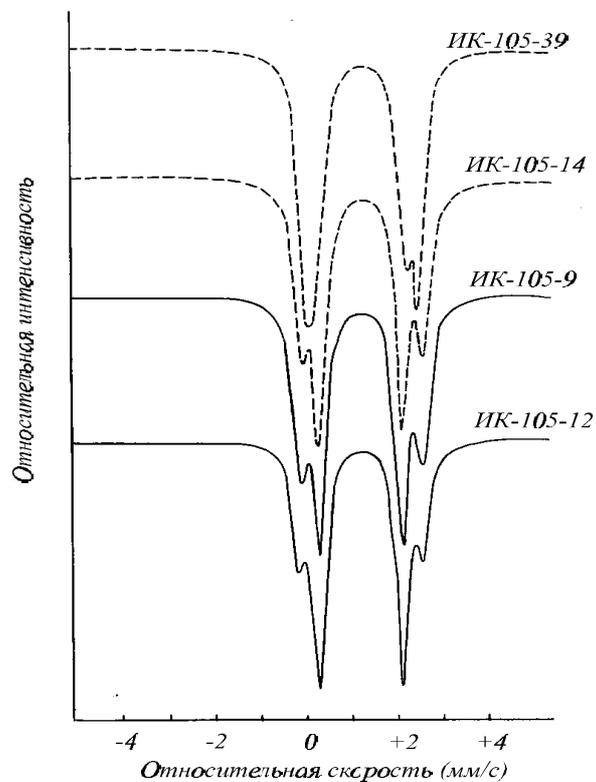


Рис. 2. Мессбауэровские спектры жедритов из пород зырянского блока Ильмен. Получены А. Б. Мироновым (ИМин УрО РАН) на спектрометре МС-2201 с источником излучения Co^{57} в матрице Rh (естественная ширина линии 0.26 мм/с). Спектрометр откалиброван по стандартному образцу нитропрусида Na. Проба ИК-105-12 и 105-9 — из куммингтонитового амфиболита, ИК-105-14 — из куммингтонитового кристаллосланца, ИК-105-39 — из биотитового кристаллосланца.

Таблица 5

Дифрактограммы жедритов из куммингтонитовых амфиболитов (ИК-105-12) и гранатовых куммингтонитовых кристаллосланцев (ИК-105-14)

ИК-105-12		ИК-105-14		hkl
d, Å	I	d, Å	I	
9.01	50	8.99	32	020
8.16	90	8.24	67	210
5.05	17	5.03	15	320
4.82	11	4.79	12	111
4.52	25	4.50	20	040
4.13	58	4.14	37	420
3.86	13	3.85	21	131
3.44	20	3.43	22	041
3.04	100	2.971	100	151
2.962	23	2.949	32	160
2.722	43	2.730	48	630
2.597	24	2.608	30	710
2.526	14	2.521	12	$\bar{2}$
2.501	15	2.497	21	270
2.351	14	2.348	9	322
2.287	20	2.283	20	721
2.241	15	2.234	18	422
2.174	27	2.181	28	371
2.066	10	2.082	11	821

Примечание: дифрактометр ДРОН-2.0 с монохроматором; CuK_{α} -излучение. Аналитик Т. М. Рябухина, ИМин УрО РАН.

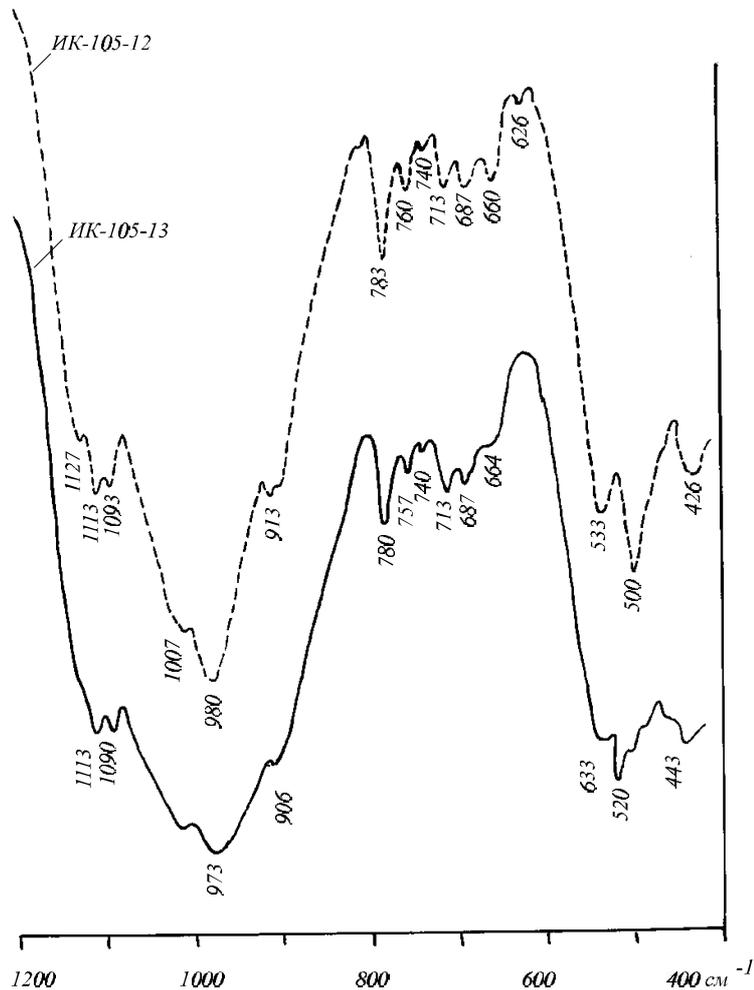


Рис. 3. ИК-спектры жедритов из куммингтонитовых амфиболитов (ИК-105-12) и кристаллосланцев (ИК-105-13) зырянского блока Ильмен.
Сняты В. Е. Еремяшевым в ИМин УрО РАН на спектрометре «Specord-75 IR».

Описанные выше жедритсодержащие породы Ильмен находят свою почти полную аналогию в породах александровского комплекса зоны Уралтау [6]. Последние также претерпели метаморфизм верхних ступеней амфиболитовой фации. Такое сходство состава пород и условий формирования зырянского блока в Ильменских горах и александровского комплекса Уралтау делает достоверным допущение об их одновозрастности. По данным [3], возраст циркона из пород александровского комплекса составляет 2.04—1.73 млрд лет. Видимо, тот же протерозойский возраст имеет и зырянский блок. Тем более очевидной становится его чужеродность по отношению к рифейским породам окружающей его кыштымской толщи. Примечательно, что в пределах кыштымской и сайтовской толщ нами выявлены и другие типы пород (гранатовые паргасит-хлоритовые горнблендиты), которые также метаморфизованы в высокотемпературных (выше 580—700 °С) условиях амфиболитовой, а может быть, и гранулитовой фации. Судя по составу сосуществующих в породах зырянского блока роговой обманки, граната и плагиоклаза они возникли при температурах выше 700 °С. Высокая пиропистость гранатов (около 30 %), повышенная глиноземистость амфиболов, весьма основной состав плагиоклазов говорят [4] о высоких давлениях при формировании указанных пород.

Таким образом, в ильменогорских толщах местами соприкасаются блоки разнофациальных метаморфических пород, что может быть вызвано либо тектоническими причинами, либо регионально проявленным эпизодом древнего олистостромообразования.

Автор признателен за большую помощь при исследовании жедрита своим коллегам: В. А. Попову, А. Б. Миронову, В. Е. Еремяшеву, М. С. Свиренко, Н. И. Вализер, Е. И. Чурину, В. А. Муфтахову, Л. А. Паутову, Т. М. Рябухиной.

Литература

1. *Белковский А. И.* Симплектит-эклогиты Среднего Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1989. 190 с.
2. *Кобяшев Ю. С., Поляков В. О.* Минералы Ильменских гор, 1994 г. Миасс: УрО РАН, Ильменский заповедник, 1994. 73 с.
3. *Краснобаев А. А.* Циркон как индикатор геологических процессов. М.: Наука, 1986. 147 с.
4. *Крылова М. Д., Галибин В. А., Крылов Д. Г.* Главные темноцветные минералы высокометаморфизованных комплексов. Справочное пособие. Л.: Недра, 1991. 350 с.
5. Минералы. Справочник. Т. 3. Вып. 3. М.: Наука, 1981. 398 с.
6. *Пыстин А. М.* Александровский гнейсово-амфиболито-вый комплекс // Вулканизм, метаморфизм и железистые кварциты обрамления тараташского комплекса. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978. С. 3—32.
7. *Рассказова А. Д., Ленных В. И.* Жедриты ильмено-вишневогорского комплекса // Новые и малоизученные минералы и минеральные ассоциации Урала. Информационные материалы. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. С. 86—87.
8. *Утенков В. А.* Об оценке условий метаморфизма ильменогорского комплекса // Геология метаморфических комплексов Урала. Свердловск: Изд-во Горного ин-та, 1963. С. 60—69.
9. ASTM: diffraction data cards and alphabetical and grouped numeral index of X-ray diffraction data, Philadelphia Intern. Cent. for diffraction data, 1946—1977. Card 13-506.
10. Handbook of Mineralogy. V. 2. Part 2. Tucson, Arizona: Mineral data publishing, 1995. 904 p.