

В. Г. Кориневский, Е. И. Чурин

**ПРИРОДА НЕОДНОРОДНОСТЕЙ СОСТАВА ЖЕДРИТОВ
ИЗ КРИСТАЛЛОСЛАНЦЕВ И АМФИБОЛИТОВ
ИЛЬМЕНСКИХ ГОР НА УРАЛЕ**

V. G. Korinevsky, E. I. Churin

BY NATURE OF GEDRITES COMPOSITION HETEROGENEITIES
FROM CRYSTALLINE SHISTS AND AMPHIBOLITES OF ILMEN
MOUNTAINS ON URALS

By microprobe analysis at first for Urals considerable fluctuations of composition in variable points of optic homogeneous gedrite crystals from cummingtonitic crystalline shists and amphibolites of kyshtim stratum of Ilmenian metamorphic complex are discovered. As a rule marginal zones of crystals are composed by antophyllite lamellae. Sometimes it may be presence at middle of grains. Their thickness is 10—100 mkm. Gedrites from crystalline shists conform to composition of typical varieties of gedrite. Gedrites from growthes with antophyllite in cummingtonitic amphibolites conform to solid solution of antophyllite-gedrite. Clean gedrite is one from garnet-biotite crystalline shists.

Жедриты в метаморфитах Ильменских гор описаны совсем недавно [4]. Они выявлены в составе биотитовых и куммингтонитовых кристаллосланцев, а также в куммингтонитовых амфиболитах, слагающих линзовидные блоки в кыштымской кварцито-сланцевой толще на восточном берегу оз. Бол. Миассово (зал. Зыряновка). В образцах и шлифах светло-коричневые кристаллы не обнаруживают цветовой зональности и выглядят как неделимые индивиды без двойникового строения. Рентгеновские характеристики, оптические данные, микротвердость, инфракрасные спектры у жедритов из перечисленных разновидностей пород оказались сходными с аналогичными параметрами типовых жедритов [5]. Мессбауэровская спектроскопия подтвердила отсутствие в ильменских жедритах ионов Fe^{3+} . Вместе с тем, уже в первой публикации [4] обращалось внимание на существенные различия в химическом составе жедритов из кристаллосланцев и амфиболитов. При изучении состава жедритов на микроанализаторе JXA-733 в отдельных зернах встречались определения Al_2O_3 с большим размахом содержаний: от 1—4 до 10—15 %. К сожалению

нию, должного внимания этим аномалиям состава жедритов мы тогда не придали [4].

Прояснить ситуацию удалось при более тщательном изучении состава зон кристаллов жедрита в их поперечном сечении. Из основных разновидностей жедритсодержащих пород кыштымской толщи ильменогорского комплекса, обнажающихся на восточном берегу оз. Бол. Миассово в зал. Зыряновка для исследования на микрозонде было отобрано по 3 зерна. В табл. 1—3 приведены данные по наиболее характерным зернам из имеющихся выборок. Предварительное оптическое и рентгеновское изучение этих минералов [4] позволяло говорить об отнесении их к ромбическим железо-магниевым амфиболам, наиболее близким к жедритам. Полученные новые данные свидетельствуют о наличии в их составе перемежающихся участков антофиллита и собственно жедрита. Речь идет о кристаллах — супериндивидах в понимании В. А. Попова и В. И. Поповой [6]. Справедливость такого заключения подтверждается кристаллохимическими формулами средних составов этих минералов из сростков (табл. 4). Наиболее существенными их различиями являются содержания Al_2O_3 и Na_2O . В жедритах количества Al_2O_3 не должны опускаться ниже 8 %, а Na_2O должно быть более 0.5 %. [5]. Эта особенность была использована для определения морфологии выделений жедрита и антофиллита путем составления рентгеновских контурных карт [2]. На микрозонде ЖХА-733 было проведено ис-

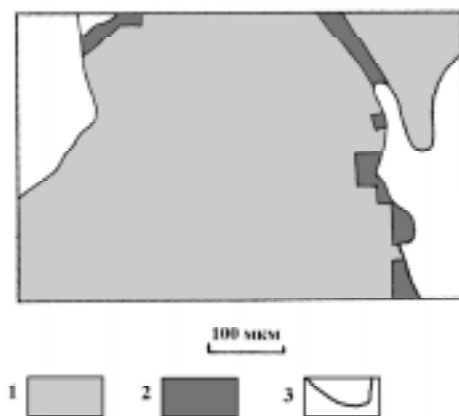


Рис. 1. Распределение антофиллитовой фазы в кристаллах жедрита (проба ИК-105-39-14) из гранат-биотитового кристаллосланца.

1 — жедритовая фаза, 2 — антофиллитовая фаза, 3 — контуры кристалла

Таблица 1

**Химический состав (мас. %) участков в поперечном сечении
кристалла жедрита (проба ИК-105-39-14) из гранат-биотитового
кристаллосланца в кыштымской толще
(копь 288 Ильменского заповедника)**

Компо- нент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	43.74	43.52	43.61	44.56	45.53	45.13	43.96	43.73	42.92	44.50
TiO ₂	0.25	0.26	0.26	0.28	0.25	0.23	0.20	0.26	0.28	0.21
Al ₂ O ₃	17.72	16.73	16.93	15.02	15.29	15.83	16.55	16.82	17.15	16.63
FeO	18.61	18.17	17.97	18.07	18.41	18.22	18.04	18.06	18.00	18.25
MnO	0.30	0.31	0.26	0.29	0.27	0.31	0.26	0.29	0.26	0.25
MgO	16.00	16.04	15.85	16.50	16.68	16.51	16.26	16.17	15.92	16.00
CaO	0.50	0.49	0.80	0.51	0.45	0.49	0.52	0.55	0.54	0.52
Na ₂ O	1.68	1.61	1.53	1.31	1.32	1.34	1.43	1.49	1.51	1.47
Сумма	98.80	97.13	97.21	96.54	98.20	98.06	97.22	97.37	96.58	97.83

Примечание: анализы выполнены на микрозонде JXA-733 в ИМин УрО РАН при напряжении 20 кВ, силе тока 25 нА, диаметре пучка 5 мкм. Аналитик Е. И. Чурин. 1—10 — последовательные точки в поперечном сечении кристалла. Содержания Cr₂O₃, K₂O, F, Cl находятся в пределах 0—0.02%.

Таблица 2

**Химический состав (мас%) участков в поперечном сечении
кристалла жедрита (проба ИК-105-14-19) из гранат-
куммингтонитового кристаллосланца в кыштымской толще
(копь 288 Ильменского заповедника)**

Компо- нент	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	50.78	46.77	42.89	44.49	46.04	43.92	44.58	48.82	51.04
TiO ₂	0.15	0.31	0.18	0.30	0.20	0.26	0.24	0.18	0.11
Al ₂ O ₃	7.30	14.14	15.26	17.63	14.65	17.67	16.90	7.83	6.74
FeO	19.92	19.16	20.31	19.21	19.34	18.96	19.13	19.97	20.38
MnO	0.15	0.17	0.15	0.18	0.16	0.12	0.11	0.18	0.16
MgO	19.01	16.50	16.62	15.70	16.77	16.00	16.16	18.96	19.75
CaO	0.44	0.76	0.44	0.61	0.51	0.59	0.61	0.49	0.49
Na ₂ O	0.55	1.11	0.87	1.42	1.20	1.47	1.27	0.55	0.48
Сумма	98.30	98.92	96.72	99.54	98.87	98.99	99.00	96.91	99.15

Примечание: см. табл. 1.

следование распределения содержаний Al₂O₃ по площади проанализированных ранее зерен жедрита (рис. 1—3). Участки, содержащие более 8 % Al₂O₃, были отнесены к жедритам, а с более низкими количествами Al₂O₃ — к антофиллитам.

Наиболее однородными по составу оказались кристаллы жедрита из гранат-биотитовых кристаллосланцев (табл. 1). К ан-

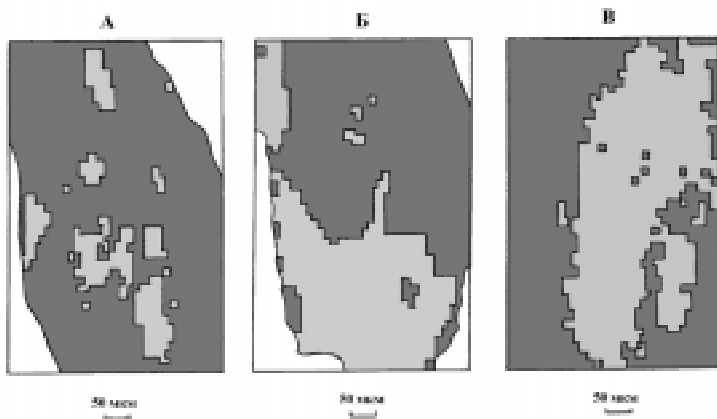


Рис. 2. Синтаксические сростки антофиллитовой и жедритовой фаз в кристаллах из гранат-куммингтонитового кристаллосланца (А — проба ИК-105-13-22; Б, В — проба ИК-105-14-16)

Условные обозначения см. на рис. 1

тофиллитовой фазе здесь можно отнести лишь очень маломощные (менее 30 мкм) прерывистые участки по периферии кристаллов, реже — в их сердцевине.

Именно в этих породах жедритовые кристаллы имеют индукционные поверхности синхронного роста с окружающими зернами биотита и лабрадора. В другой разновидности кристаллосланцев (гранат-куммингтонитовых) оптически однородные кристаллы, принимавшиеся за жедрит, оказались сростками мелких (10—100 мкм) выделений антофиллита и собственно жедрита. В разных зернах из одного образца относительная роль и распределение по площади этих разновидностей ромбических амфиболов могут очень отличаться. Чаще всего антофиллитовыми по составу являются боковые грани призм (табл. 2, рис. 2). Жедрит может составлять основной объем зерна (рис. 2А), занимать крупные участки в его сердцевине (рис. 2Б), либо слагать мелкие пластинчатые вроски в антофиллите, разбросанные по всей площади зерна (рис. 2В).

Химический состав жедритов из обоих видов кристаллосланцев близок (табл. 4). Он наиболее соответствует типовому жедриту [5]. В куммингтонитовых кристаллосланцах жедриты образуют длинные узкие кристаллы в краевых каймах будинированных тел. Каймы пересекают метаморфическую полосчатость породы, что говорит о более позднем образовании жедрита.

Химический состав (мас.%) участков в поперечном сечении кристалла жедрита (проба ИК-105-12-26в) из куммингтонитового амфиболита в кыштымской толще (копь 288 Ильменского заповедника)

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	53.16	52.93	48.69	49.34	54.17	49.56	50.18	53.34	54.49
TiO ₂	0.11	0.12	0.18	0.18	0.10	0.23	0.23	0.09	0.03
Al ₂ O ₃	5.16	4.53	9.88	9.45	3.14	9.75	9.12	4.27	2.93
FeO	17.69	18.46	18.33	17.97	18.43	18.16	18.41	18.57	18.51
MnO	0.26	0.26	0.32	0.28	0.25	0.26	0.30	0.30	0.27
MgO	20.91	21.44	19.41	19.48	22.00	19.46	19.74	21.68	22.04
CaO	0.57	0.60	0.76	0.80	0.56	0.78	0.77	0.60	0.56
Na ₂ O	0.33	0.35	0.91	0.91	0.13	0.83	0.80	0.32	0.21
Сумма	98.19	98.69	98.48	98.41	98.78	99.03	99.55	99.17	99.04

Примечание: см. табл. 1.

Столь же неоднородны и кристаллы жедрита из куммингтонитовых амфиболитов, слагающих будинированные прослои в гранат-биотитовых кристаллосланцах (табл. 3, рис. 3).

Следует подчеркнуть, что эти жедриты, как и зональные кристаллы из куммингтонитовых кристаллосланцев, также являются более поздними образованиями [4]. Антофиллитовая фаза в отдельных зернах заметно преобладает над жедритовой (рис. 3). Последняя слагает крупные участки в краевых (рис. 3Б) и в средних зонах кристаллов (рис. 3В), либо мелкие пластинчатые изолированные вставки там же (рис. 3А).

Примечательны существенные отличия в химическом составе жедритов из амфиболитов и кристаллосланцев (табл. 4).

Жедриты из амфиболитов выделяются резко пониженными содержаниями Al₂O₃, более высокой магнезиальностью и кремнеземистостью, пониженной щелочностью. По этим параметрам жедриты из указанных амфиболитов соответствуют промежуточным членам ряда антофиллит-жедрит, для которых предполагаются высокие температуры образования [5, стр. 285]. Это вполне согласуется с данными по гранат-амфиболовому геотермометру (750 °С) для куммингтонитовых амфиболитов Ильменских гор [3], что отвечает условиям верхних ступеней амфиболитовой фации метаморфизма. Антофиллиты из сростков с жедритом в сравниваемых амфиболитах и кристаллосланцах Ильмен (табл. 4) также различаются по содержаниям SiO₂, Al₂O₃ и MgO. Но осо-

Средний химический состав (мас.%) минеральных видов из синтаксических сростков в кристаллах жедрита из метаморфических пород кыштымской толщи ильменогорского комплекса

Минералы	Жедрит			Антофиллит	
	1	2	3	4	5
SiO ₂	44.19	44.35	49.00	53.68	51.86
TiO ₂	0.24	0.25	0.19	0.09	0.11
Al ₂ O ₃	16.40	15.17	9.42	3.55	5.45
FeO	18.26	18.75	17.87	18.29	19.82
MnO	0.28	0.18	0.33	0.27	0.16
MgO	16.17	16.51	19.20	21.24	19.88
CaO	0.52	0.53	0.72	0.54	0.41
Na ₂ O	1.47	1.25	0.83	0.28	0.45
Сумма	97.53	96.99	97.56	97.94	98.14
Число определений	19	39	15	19	28
Формульные единицы (расчет на 15 катионов)					
Si	6.38	6.44	7.00	7.62	7.40
Ti	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01
Al ^{IV}	1.60	1.53	0.98	0.37	0.59
Al ^{V1}	1.19	1.06	0.61	0.22	0.33
Fe ²⁺	2.20	2.27	2.14	2.17	2.36
Mn	0.03	0.03	0.04	0.03	0.02
Mg	3.48	3.56	4.09	4.49	4.23
Ca	0.08	0.09	0.11	0.08	0.06
Na	0.41	0.35	0.24	0.07	0.12

Примечание: содержания Sr₂O₃, K₂O, F, Cl находятся в пределах 0—0.02 %. 1 — гранат-биотитовые кристаллосланцы; 2, 5 — гранат-куммингтонитовые кристаллосланцы; 3, 4 — куммингтонитовые амфиболиты. Все породы из района копи 288 Ильменского заповедника (Южный Урал) на восточном берегу оз. Бол. Миассово (зал. Зыряновка).

бенно велико отличие антофиллита из сланцев и амфиболитов от подобного минерала из метагипербазитов. По данным [1] последний характеризуется низкими содержаниями FeO (4—11 %) и Al₂O₃ (0.2—2.4 %), высокими количествами MgO (25—30 %) и SiO₂ (56—58 %).

Синтаксические макросростки моноклинных амфиболов (в частности, роговой обманки и куммингтонита) на Урале уже отмечены [6]. Субмикроскопические же сростания антофиллита и

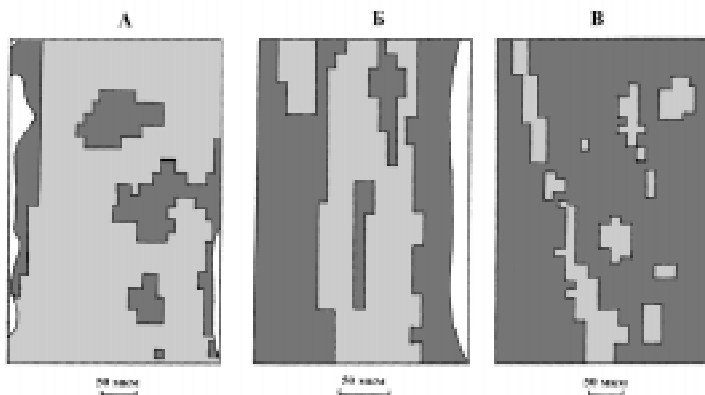


Рис. 3. Синтаксические сростки антофиллитовой и жедритовой фаз в кристаллах из куммингтонитового амфиболита (А — проба ИК-105-12-26в; Б — проба ИК-105-12-26а; В — проба ИК-105-12-26б).

Условные обозначения см. на рис. 1

жедрита в оптически однородных кристаллах нами зафиксированы здесь впервые. Неравномерный, пятнистый характер распределения сростков, их пластинчатая форма, совпадение оптической ориентировки — все это свидетельствует в пользу их синтаксической природы [6]. Показательно, что все другие методики исследований минералов (оптические, рентгеновская и ИК-спектроскопия) такие неоднородности не выявили [4]. Это удалось сделать лишь путем определения на микроанализаторе химического состава в ряде последовательных точек в поперечном срезе кристаллов и топографического картирования концентраций типоморфного окисла алюминия. Такая возможность появилась относительно недавно, можно предполагать, что ее внедрение в широкую практику позволит выявить новые случаи синтаксических сростаний не только амфиболов, но и других минералов. Скорее всего, жедриты из метаморфитов александровского комплекса зоны Уралтау [7], содержащие переменные количества Al_2O_3 (от 9 до 15 %), также представляют собою сростки жедрита и антофиллита. Пластинчатые структуры распада антофиллита и жедрита описаны [5] в метаморфических породах Телемарка (Норвегия) и Вороньей тундры (Кольский полуостров). Синтаксические же их сростки выявлены пока лишь на Урале.

Литература

Варлаков А. С. и др. Гипербазиты Вишневогорско-Ильменогорского метаморфического комплекса (Южный Урал). Миасс: ИМин УрО РАН, 1998. 195 с.

2. *Гаранин В. К., Кудрявцева Г. П.* Применение электронно-зондовых приборов для изучения минерального вещества. М.: Недра, 1983. 216 с.

3. *Кориневский В. Г., Кориневский Е. В.* Блоки чужеродных пород в Ильменогорском метаморфическом комплексе // Тезисы докл. VI Уральского петрогр. совещ. Т. 1. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. С. 187—189.

4. *Кориневский В. Г.* Находка жердитовых пород в Ильменогорском комплексе // Уральский минералогический сборник № 8. Миасс: ИМин УрО РАН, 1998. С. 83—94.

5. Минералы. Справочник. Т. 3. Вып. 3. М.: Наука, 1981. 398 с.

6. *Попов В. А., Попова В. И.* Парагенезисы форм кристаллов минералов. Миасс : Имин УрО РАН, 1996. 103 с.

7. *Пыстин А. М.* Александровский гнейсово-амфиболитовый комплекс // Вулканизм, метаморфизм и железистые кварциты обрамления тараташского комплекса. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978. С. 3—32.