

МИНЕРАГЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОСОБО ЧИСТОГО КВАРЦА “УФАЛЕЙСКОГО” ТИПА (ЦЕНТРАЛЬНО-УРАЛЬСКОЕ ПОДНЯТИЕ, УФАЛЕЙСКИЙ МЕТАМОРФИЧЕСКИЙ БЛОК, СРЕДНИЙ УРАЛ)

© 2013 г. А. И. Белковский

Институт минералогии УрО РАН
456317, Челябинская обл., г. Миасс, Ильменский гос. заповедник
E-mail: lekarei@list.ru

Поступила в редакцию 12.12.2012 г.

В пределах Уфалейского метаморфического блока открыт ряд месторождений особо чистого кварца “уфалейского” типа. Геодинамическая позиция, петрография горных пород, вмещающих жильный кварц, характеристика физических констант и технологических свойств, минералогический состав и “возраст” “уфалейского” кварца являются предметом настоящей статьи.

Ключевые слова: жильный кварц, “уфалейский” тип, метагабброиды, скарны, фениты, карбонатиты.

ВВЕДЕНИЕ

Поисковыми работами, проведенными объединением “Уралкварцсамоцветы”, по восточной периферии Уфалейского метаморфического блока, открыто несколько месторождений прозрачного тонко-мелкозернистого кварца (рис. 1), являющихся пока единственным в России источником высококачественных концентратов, отвечающих требованиям ТУ-5726-002-11496665-97 (содержание структурных примесей до 24–30 г/т, минеральных меньше 0.00п, газонасыщенность – не более 50–70 г/т, коэффициент светопропускания не менее 80%). По размерности зерен тонко-мелкозернистый кварц был известен еще с начала 70-х годов прошлого столетия как жильный кварц “уфалейского” типа [15], практическое значение которого было установлено значительно позднее геологами объединения “Уралкварцсамоцветы” (П.А. Красильников, А.Н. Савичев, С.Н. Сигаев и др.).

Жильные поля “уфалейского” кварца получили названия отдельных месторождений – Кузнечихинское (жилы №№ 191–195, 413–414), Острогорское (жила № 175), Беркутинское (жила “Беркутинская”) (рис. 2). Автором статьи, совместно с А.Н. Савичевым, в пределах площади Кузнечихинского месторождения задокументирован и опробован керн разведочных скважин (более 8 тыс. п.м). Полученный материал был использован для проведения химических анализов и изучения минерального состава горных пород, кварцево-жильной минерализации и самого жильного кварца.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЖИЛЬНОГО КВАРЦА “УФАЛЕЙСКОГО” ТИПА

К настоящему времени условия нахождения “уфалейского” кварца изучены только на примере



Рис. 1. Обзорная карта расположения месторождений особо чистого кварца “уфалейского” типа. Месторождения: 1 – Кузнечихинское, 2 – Острогорское, 3 – Беркутинское.

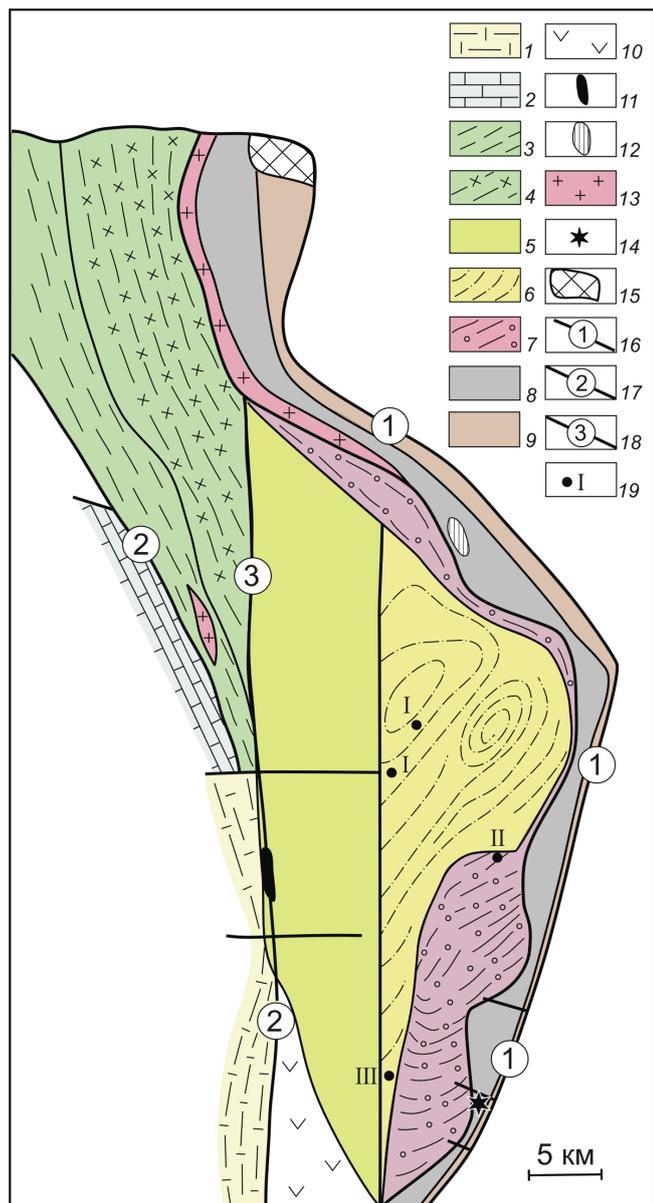


Рис. 2. Тектоническая схема Уфалейского метаморфического блока с месторождениями жильного кварца “уфалейского” типа [5].

1 – Златоустовский метаморфический блок (эпикарелий): blastsмилониты дистен-андалузитовой фашиальной серии; 2–8 – Уфалейский метаморфический блок; 2 – Мерзелинская пластина (нижний рифей, сагкинская свита?): микро-мелкозернистые мраморизованные известняки и доломиты; 3–4 – Указарская пластина (венд–верхний палеозой): 3 – зеленосланцевые blastsмилониты дистен-андалузитовой фашиальной серии с телами платформенных пироксенитов, керсутитовых метагабброидов, щелочных гнейсо-гранитов А-типа; 4 – микрогнейсы фенгитовые и альбитовые; 5–8 – Кизильская зона смятия (венд–поздний палеозой), 5–7 – низкобарическая часть зоны, Егустинская пластина (венд–поздний палеозой): 5 – апогаббровые амфиболиты и амфибол-плаггиоклазовые blastsмилониты по ним; 6 – стратиформные метагаббронориты, метагабброиды, габбровые амфиболиты, мигматиты, плаггиогнейсо-граниты, кварциты фенгитовые, щелочные гнейсо-граниты А-типа, фениты, микроклин-альбит-кварцевые метасоматиты (квальмиты), жилы “уфалейского” кварца; 7 – метагабброиды, апогаббровые амфиболиты, мигматиты, плаггиогнейсо-граниты, кварциты фенгитовые, скарны, фениты, карбонатиты, нельсониты, микроклин-альбит-кварцевые метасоматиты (квальмиты), жилы “уфалейского” кварца; 8 – высокобарическая часть зоны, Куртинская пластина (поздний палеозой – 300 млн. лет) эклогит-сланцевый мегамеланж с телами гранатовых пироксенитов, эклогитов, эклогитовых амфиболитов; 9 – зона Главного Уральского глубинного разлома, дорифейские blastsмилониты дистен-андалузитовой фашиальной серии с акцессорным ильменитом (blastsмилониты “таганайского” типа); 10 – Россыпхунский метаморфический блок (венд–поздний палеозой): апогаббровые амфиболиты с телами офитового авгитового габбро, плаггиогранито-гнейсы с графитом; 11–12 – пироксениты: 11 – “черные” шпинелевые, 12 – “зеленые” гранатовые; 13 – гнейсо-граниты А-типа; 14 – редкометальные хлоритолиты с бадделейтом, кальцитритом, цирконолитом и цирконом; 15 – антигоритовые серпентиниты; 16–18 – тектонические нарушения и границы пластин, цифры в кружках: 1 – Главный Уральский глубинный разлом, 2 – Юрюзано-Зюраткульский разлом, 3 – границы тектонических пластин; 19 – месторождения кварца “уфалейского” типа: I – Кузнечихинское, II – Острогорское, III – Беркутинское.

Кузнечихинского месторождения, на площади которого были выполнены основные объемы горно-бурильных работ [8, 13]. Именно эти материалы приведены в настоящем разделе.

В геодинамическом отношении Кузнечихинское месторождение ОЧК расположено в пределах Кизильской зоны смятия (рифей–поздний палеозой), захватывающей большую часть площади Уфалейского блока (рис. 2). Жилы “уфалейского” кварца связаны исключительно с метаморфитами егустинской пластины, представленной вендскими (600–590 млн. лет) стратиформными метагабброидами и продуктами их амфиболитового метаморфизма (апогаббровыми амфиболитами и blastsмилонитами по ним), мигматитами, плаггиогнейсо-гранитами, фенгитовыми кварцитами, скарнами,

фенитами, карбонатитами, нельсонитами, гнейсо-гранитами А-типа (квальмитами).

Плитообразные (длина 1–2 и до 120 м при мощности от 0.3 до 10–12 м) кварцевые жилы Кузнечихинского месторождения согласно залегают среди рутил-апатитовых метагабброидов и апогаббровых амфиболитов, характеризующихся высокими содержаниями титана и фосфора (рис. 3–4, табл. 1–2), по химизму и минеральному составу близкими к платформенным щелочным титанит-апатитовым и рутил-апатитовым метагабброидам Северного Тимана [16]. Пироксен-амфиболовое метагаббро, вмещающее кварцевую жилу № 191, обладает гранобластовой, реже аллотриоморфнозернистой структурой. Минеральный состав его следующий (об. %): светло-зеленый низкоглиноземистый авгит – 0–20,

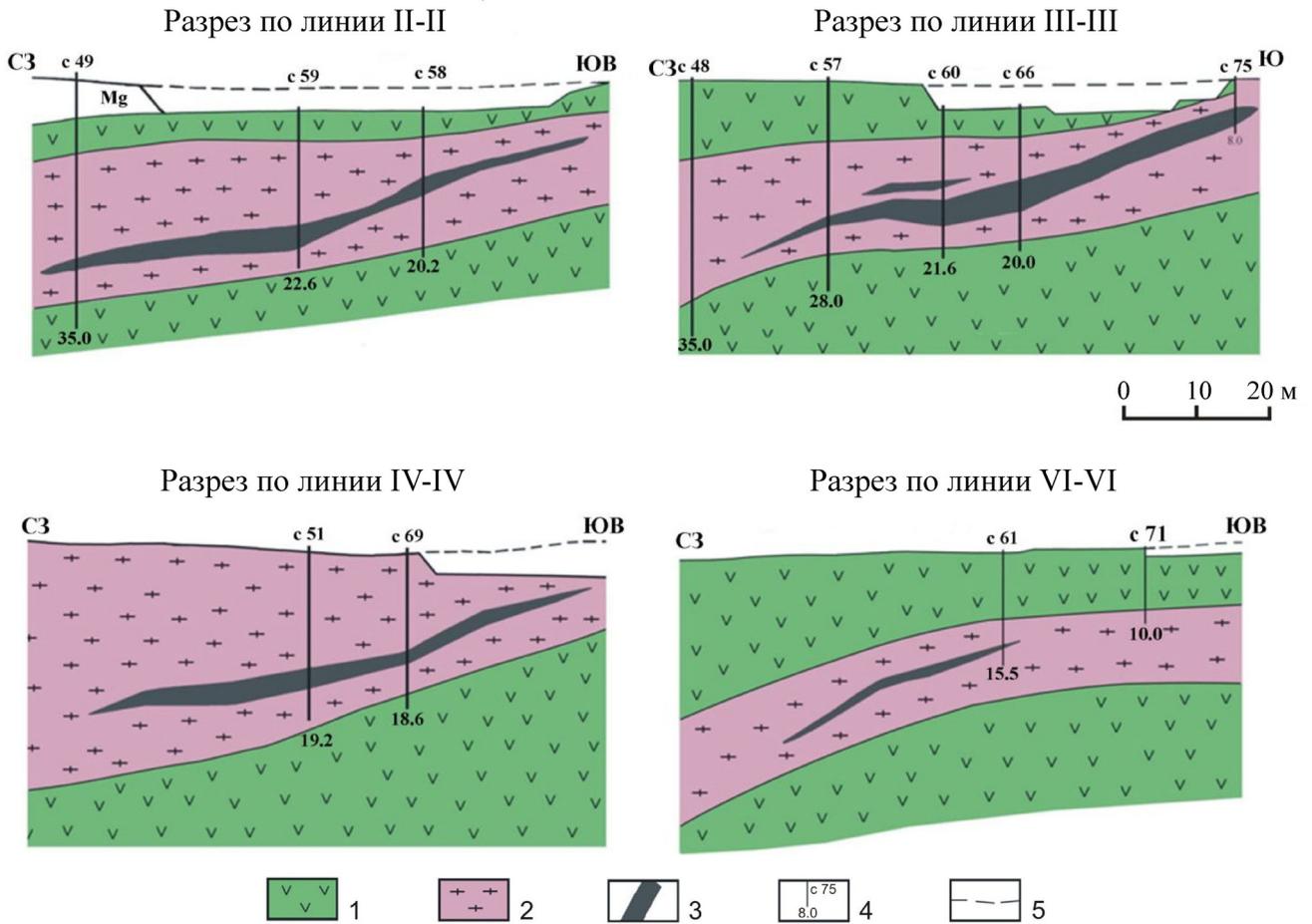


Рис. 3. Геологические разрезы по Кузнецихинскому месторождению “уфалейского” кварца (разведочные линии II–IV и VI) по [8].

1 – рутил-апатитовые метагабброиды и апогаббровые амфиболиты; 2 – микроклиниты эгирин-авгитовые и арфведсонитовые, слюдиты аннитовые, микроклин-альбит-кварцевые метасоматиты (квальмиты, гнейсо-граниты А-типа); 3 – жильный кварц “уфалейского” типа; 4 – скважины разведочного бурения; 5 – контуры горных выработок.

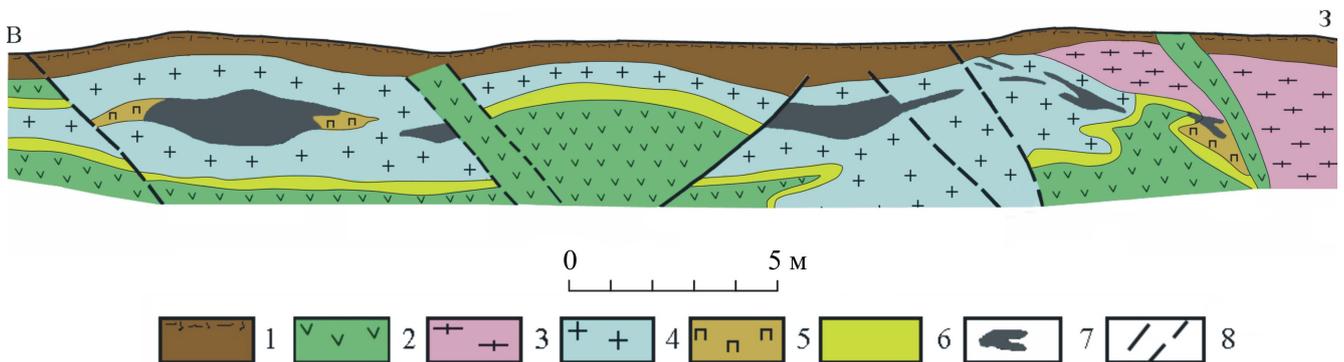


Рис. 4. Геологический разрез Кузнецихинского месторождения “уфалейского” кварца по разведочной линии X по [8].

1 – почвенно-растительный слой; 2 – рутил-апатит-титанитовые метагабброиды, апогаббровые амфиболиты и мигматиты по ним; 3 – альбититы (Al_{0-10}) алланитсодержащие; 4 – микроклиниты эгирин-авгитовые и арфведсонитовые; 5 – микроклиниты альбитизированные; 6 – карбонатиты биотит-кальцитовые, слюдиты биотитовые и тетраферрифлогопитовые; 7 – жильный кварц “уфалейского” типа; 8 – разрывные нарушения.

Таблица 1. Химические анализы (мас. %) метагабброидов и габбро-амфиболитов Кузнечихинского месторождения “уфалейского” кварца

Компоненты	1	2	Среднее	3	4	Среднее
	C-12/16	C-12/8		C-12/7	C-12/15	
SiO ₂	50.88	46.60	48.74	46.71	47.63	47.17
TiO ₂	2.47	3.48	2.97	3.42	2.72	3.07
Al ₂ O ₃	12.87	12.83	12.85	12.69	12.37	12.53
Fe ₂ O ₃	4.07	4.17	4.12	4.61	5.07	4.84
FeO	6.48	7.90	7.19	7.69	4.38	6.03
MnO	0.24	0.34	0.29	0.24	0.25	0.24
MgO	4.38	4.22	4.30	4.06	4.13	4.09
CaO	12.53	13.27	12.90	13.34	18.38	16.11
Na ₂ O	2.98	3.34	3.16	3.44	2.71	3.07
K ₂ O	0.77	0.94	0.85	0.92	0.34	0.63
P ₂ O ₅	1.25	1.45	1.35	1.50	1.25	1.37
Cr ₂ O ₃	0.005	0.008	0.006	0.003	0.017	0.010
V ₂ O ₅	0.033	0.030	0.031	0.030	0.03	0.030
F	0.117	0.162	0.139	0.162	0.109	0.135
H ₂ O	0.04	0.15	0.09	не обн.	0.04	0.02
П.п.п.	0.50	0.23	0.36	0.13	1.29	0.71
Сумма	99.60	99.11	99.33	98.94	100.70	100.05
F _{общ}	56.5	60.8	58.7	62.1	54.8	59.3
X _{Ca} n	67.3	69.4	68.3	70.3	76.2	73.9

Примечание. 1–2 – метагабброиды: 1 – $Cpx_{св/зел} + Pl \pm Amph_{зел} \pm Sph \pm Ap$, 2 – $Amph_{зел} + Cpx_{св/зел} + Pl \pm Ru \pm Sph \pm Ap$; 3–4 – габбро-амфиболиты: 3 – $Cpx_{св/зел} + Amph_{зел} + Pl \pm Ru \pm Sph \pm Ap$, 4 – $Cpx_{св/зел} + Ep + Pl \pm Amph_{зел} \pm Ru \pm Sph \pm Ap$. Сокращения: *Cpx* – клинопироксен, *Pl* – плагиоклаз, *Amph* – амфибол, *Sph* – сфен, *Ap* – апатит, *Ru* – рутил, *Ep* – эпидот. Здесь и в табл. 2, 3, 5 анализы выполнены в Центральной химической лаборатории ПО “Уралгеология”, аналитик Н.Ф. Колосова.

зеленая роговая обманка (ферричермакит) – 20–50, основной плагиоклаз An_{40-50} – 40–50, гранат – 0–5, рутил – 0.5–3.0, титанит – 0.3–3.0, апатит – 0.5–3.0, коричневый и бурый биотит – 0–5, эпидот – 0–3. Клинопироксен по химизму – $(Ca_{0.86}Na_{0.08}Mg_{0.06})_{1.00}(Mg_{0.64}Fe^{2+}_{0.33}Ti_{0.02}Mn_{0.01})_{1.00}(Si_{1.93}Al_{0.07})_{3.00}$, F = 32.7, (микронд EDAX-9100, аналитик А. Р. Нестеров) – рез-

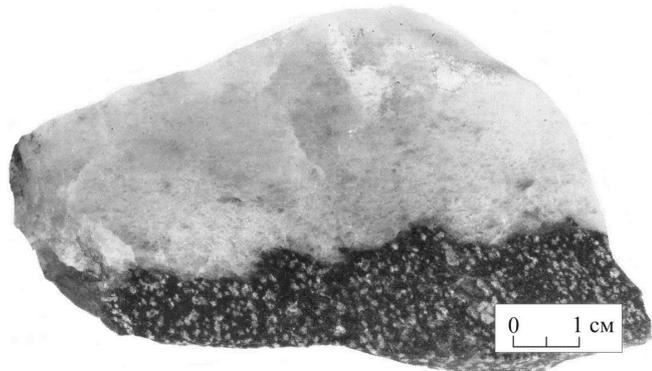


Рис. 5. Мелкозернистый кварц в апогаббровых амфиболитах егустинской пластины.

ко отличен от авгитовых пород Качканарского комплекса Платиноносного пояса [40] и не отличим от пироксенов из метагабброидов юго-восточной части Уфалейского метаморфического блока [29]. Заменяющая авгит роговая обманка плеохроирует от зеленого по Ng до желтого по Np ($n_g = 1.683-1.665$, $n_p = 1.658$, $-2V = 78-82^\circ$. $(Na_{0.21}K_{0.07})_{0.28}(Ca_{1.76}Na_{0.24})_{2.00}(Mg_{2.71}Fe^{2+}_{1.24}Mn_{0.04})_{3.99}(Fe^{3+}_{0.29}Ti_{0.08}Al_{0.68})_{1.05}(Si_{6.32}Al_{1.68})_{8.00}O_{22}(OH,F)_{2.00}$ (к. ф.), $F_{общ} = 36.1$, $a_{Si} = 21.0$, $a_{VI} = 20.9$, $a_{Ca} = 31.6$ по составу относится к ферричермакиту. Ферричермакит замещается коричневым биотитом 1M (F = 36–45, $f_o = 0.25-0.29$, $a_{Si} = 31.2-31.5$, $a_{VI} = 5.6-7.4$). Полисинтетический породообразующий олигоклаз-андезин An_{38-30} в метагабброидах обрастает грануломорфным несдвойникованным плагиоклазом An_{19-18} . Ромбододекаэдрические кристаллы Са-альмандина ($Pu_{14.0}Alm_{66.6}Sps_{1.7}Ca$ -компл_{17.7}, N = 1.796, $a_o = 11.575 \text{ \AA}^3$) и альмандина ($Pu_{13.0}Alm_{72.3}Sps_{1.7}Ca$ -компл_{13.0}, N = 1.802, $a_o = 11.561 \text{ \AA}^3$) замещаются коричневым биотитом 1M; темно-красный рутил (Fe_2O_3 1.90–2.30, V_2O_5 0.14–0.32, Nb_2O_5 0.16–0.34 мас. %) – титанитом. Длиннопризматические кристаллы (1.0–0.5 × 0.1 мм) фторапатита ($N_o = 1.633$, $N_e = 1.625$) образуют точечные включения в амфиболе и клинопироксене.

Продукты гранитизации метагабброидов представлены высокотитанистыми гранатовыми и плагиоклазовыми амфиболитами (табл. 2), теньевыми и послойными мигматитами (табл. 3).

В геологическом разрезе пород Кузнечихинского месторождения, представленного “переслаиванием” метабазитов с продуктами их гранитизации (мигматитами, плагиогнейсо-гранитами, субщелочными гнейсо-гранитами А-типа, табл. 3–4), также отмечаются пласты фенгитовых кварцитов (табл. 5). Кварцевые жилы Кузнечихинского, Острогорского и Беркутинского месторождений вмещающих пород “отделены” фенитами, карбонатитами, квальмитами, гнейсо-гранитами А-типа, метасоматически замещающими жильный кварц (рис. 3–4).

ХАРАКТЕРИСТИКА ЖИЛЬНОГО КВАРЦА “УФАЛЕЙСКОГО” ТИПА

Жилы Кузнечихинского и Острогорского месторождений сложены в основном тонкозернистым (0.1–0.4 мм – 75%) и мелкозернистым (0.4–1.0 мм – 25 об. %) прозрачным кварцем [20, 21] (рис. 5) гетерогранобластовой структуры, массивной, реже полосчатой текстуры. Границы зерен ровные, извилистые, зубчатые, фьордовые, что позволило выделить два структурных типа – однородного, с ровными границами и неоднородного, характеризующегося сложными границами зерен (рис. 6) [15]. В мелко-тонкозернистом “уфалейском” кварце постоянно отмечаются реликты исходного средне-, реже крупнозернистого протопли-

Таблица 2. Химические анализы (мас. %) апогаббровых амфиболитов Кузнечихинского месторождения

Компоненты	1	2	Среднее	3	4	5	6	7	8	Среднее
	C-1/25	C-2/62		C-5/2	C-18/14	C-21/13	C-41/9	C-41/9	C-41/13	
SiO ₂	45.51	44.45	44.98	46.65	47.59	48.56	48.07	47.81	48.19	47.81
TiO ₂	3.05	2.95	3.00	2.71	3.04	2.61	2.58	2.38	3.36	2.78
Al ₂ O ₃	15.50	14.73	15.11	13.71	12.56	14.44	13.69	14.64	12.64	13.61
Fe ₂ O ₃	3.97	4.04	4.00	4.00	4.52	5.15	5.30	4.02	4.36	4.56
FeO	10.06	10.47	10.26	9.45	10.16	7.33	8.43	7.77	11.16	9.05
MnO	0.366	0.274	0.320	0.20	0.29	0.22	0.22	0.21	0.24	0.23
MgO	6.61	8.24	7.42	7.39	5.62	7.10	6.52	5.25	6.24	6.35
CaO	10.06	9.64	9.85	9.46	9.27	7.28	10.16	10.48	7.69	9.06
Na ₂ O	2.94	3.21	3.07	2.70	2.83	3.78	3.14	4.43	3.65	3.42
K ₂ O	0.66	0.61	0.63	1.48	1.57	0.74	0.37	1.49	0.85	1.08
P ₂ O ₅	0.426	0.52	0.473	0.25	0.32	0.010	0.24	0.24	0.32	0.23
Cr ₂ O ₃	0.017	0.013	0.015	0.012	0.005	0.022	0.012	0.009	0.004	0.107
V ₂ O ₅	0.057	0.050	0.053	0.061	0.057	0.052	0.067	0.042	0.068	0.058
F	0.076	0.113	0.094	0.069	0.098	0.064	0.060	0.095	0.084	0.078
H ₂ O	0.23	0.11	0.17	0.12	0.08	0.88	0.11	0.05	0.08	0.06
П.п.п.	0.44	0.54	0.49	0.68	0.63	1.99	0.57	0.34	0.33	0.76
Сумма	99.94	99.95	99.92	98.93	98.62	100.22	99.53	99.24	99.25	99.22
F _{общ}	53.6	49.0	51.1	49.7	58.7	48.6	53.1	54.9	57.5	52.6
X _{Ca}	52.3	45.7	48.9	48.0	54.3	42.5	52.9	58.9	47.0	50.6

Примечание. 1–2 – гранатовые амфиболиты ($G_{роз} + Amh_{зел} + Pl \pm Cpx_{св/зел} \pm Ru_{кор} \pm Sph \pm Ap$); 3–8 – очковые плагиоклазовые амфиболиты, $Amh_{зел} + Pl \pm Sph + Bi_{кор} \pm Ru_{кор} \pm Ap \pm Cpx_{св/зел}$. Сокращения: *G* – гранат, остальные см. табл. 1.

Таблица 3. Химические анализы (мас. %) мигматитов по апогаббровым амфиболитам

Компоненты	1	2	Среднее 1-2	3	4	5	6	Среднее 3-6
	C-2/33	C-36/18		C-10/35	C-2/7	C-6/26	C-9/44	
SiO ₂	57.30	53.42	55.36	61.11	60.75	61.88	55.07	59.70
TiO ₂	2.03	2.46	2.24	0.78	1.23	1.20	0.77	0.99
Al ₂ O ₃	14.92	13.65	14.28	12.76	13.43	14.31	16.84	14.33
Cr ₂ O ₃	0.013	0.010	0.011	0.022	0.019	0.004	0.021	0.016
Fe ₂ O ₃	0.84	8.67	4.75	0.73	0.80	1.93	2.15	1.40
FeO	8.65	6.82	7.73	7.64	7.87	6.40	11.64	8.39
MnO	0.21	0.35	0.28	0.49	0.53	0.12	0.10	0.31
MgO	4.17	2.24	3.20	4.47	4.09	3.02	4.04	3.90
CaO	7.17	5.44	6.30	5.18	4.82	2.36	2.48	3.71
Na ₂ O	1.67	3.69	2.68	2.65	2.00	3.82	3.31	2.94
K ₂ O	2.50	1.29	2.04	1.69	2.42	3.24	2.41	2.44
P ₂ O ₅	0.54	0.62	0.58	0.18	0.27	0.28	0.12	0.21
V ₂ O ₅	0.022	0.02	0.021	0.035	0.031	0.014	0.021	0.025
F	0.10	0.07	0.08	0.03	0.07	0.12	0.08	0.07
H ₂ O	0.10	0.20	0.15	0.13	0.13	0.12	0.20	0.14
П.п.п.	0.54	0.24	0.39	1.03	1.11	0.59	0.09	0.70
Сумма	100.77	99.19	100.09	98.92	99.56	99.40	99.34	99.26
F _{общ}	55.9	71.6	67.8	51.0	54.1	60.2	65.4	58.2
X _{Ca}	55.3	63.6	57.8	45.5	45.9	36.0	31.3	40.7

Примечание. 1–2 – мигматиты по апогаббровым амфиболитам; 3–6 – послойно мигматизированные плагиоклазовые амфиболиты и теньевые мигматиты по ним.

та [27]. Деформационная и рекристаллизационная грануляция средне-крупнозернистого кварцевого протолита происходила в условиях дистендандалузитовой фацальной серии ($T = 275\text{--}200^\circ\text{C}$, $P = 1.0\text{--}1.1$ кбар) [2, 26]. Продукты низкобарического метаморфизма представлены жилами про-

зрачного гидротермально-метаморфогенного тонко-мелкозернистого кварца [6], давно известного как кварц “уфалейского” типа [15].

Однородное строение жильного кварца Кузнечихинского и Острогорского месторождений подтверждено методом растровой электронной микро-

Таблица 4. Химические анализы (мас. %) микроклин-альбит-кварцевых метасоматитов, сопровождающих жилы “уфалейского” кварца и щелочных гранитов А-типа Центрального Казахстана и ряда других районов

Компоненты	1	2	3	4	5	Среднее 1–5	6	7	8	9	10
	C-2/16	C-3/44	C-10/64	C-11/68	C-8/27						
SiO ₂	72.27	71.82	72.89	70.51	72.14	71.93	75.73	75.16	75.58	72.28	71.70
TiO ₂	0.07	0.18	0.09	0.14	0.10	0.12	0.16	0.17	0.12	0.27	0.12
Al ₂ O ₃	14.80	14.92	14.77	15.56	15.17	15.04	12.90	12.27	11.49	11.37	13.08
Fe ₂ O ₃	0.26	0.51	0.23	0.50	0.33	0.37	0.96	0.89	2.08	1.82	0.98
FeO	0.99	0.90	0.89	1.53	0.59	0.98	1.85	1.74	1.44	2.06	2.73
MnO	0.08	0.02	0.04	0.03	0.02	0.03	0.02	0.04	0.02	0.09	0.04
MgO	0.30	0.31	0.20	0.47	0.23	0.30	0.26	0.25	0.67	0.10	0.25
CaO	1.36	1.36	1.60	1.77	0.94	1.41	0.84	0.39	0.97	0.76	0.84
BaO	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	–	–	–	–
Na ₂ O	4.24	4.54	4.77	4.79	4.68	4.60	5.43	4.03	3.81	4.58	4.11
K ₂ O	4.66	4.55	3.59	3.66	4.17	4.13	0.97	4.16	4.07	4.93	4.50
P ₂ O ₅	0.02	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	–	–	–	0.02	0.02
F	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	–	–	–	0.56	1.35
H ₂ O	0.13	0.22	0.22	0.16	0.19	0.18	–	–	–	He обн.	0.04
П.п.п.	0.35	0.39	0.21	0.23	0.34	0.30	0.60	0.31	0.20	0.35	0.34
Сумма	99.64	99.87	99.66	99.49	99.04	99.53	99.73	99.57	100.45	99.19	100.10
F _{общ}	69.8	71.1	75.4	70.2	68.5	71.1	85.5	85.5	73.5	95.3	89.0
Na ₂ O+ K ₂ O	8.90	9.09	8.36	8.45	8.85	8.73	6.40	8.19	7.88	9.51	8.61
α	0.81	0.83	0.79	0.76	0.78	0.79	0.77	0.91	0.93	1.08	0.89

Примечание. Плагиигранито-гнейсы: 1–5 – субщелочные микроклин-кварц-альбитовые метасоматиты (гнейсо-граниты А-типа, квальмиты): $Mcr + Ab + Q \pm Bi_{кор} \pm Ph \pm Ep \pm Or_{бур} \pm Mt$, площадь Кузнечихинского месторождения; 6–7 – то же, восточная часть Уфалейского метаморфического блока [6]; 8– рибекитовые граниты, массив Коргентас, Чингизская впадина, Центральный Казахстан [19]; 9–10 – рибекитовые (ан. 9) и лепидомелановые (ан. 10) метасоматиты и квальмиты апогранито-гнейсовые и апогнейсово-сланцевые [28]. Сокращения: *Mcr* – микроклин, *Ab* – альбит, *Q* – кварц, *Bi* – биотит, *Ph* – фенгит, *Or* – ортоклаз, *Mt* – магнетит. Анализы 1–5 выполнены в Центральной химической лаборатории ПО “Уралгеология”, аналитик Н.Ф. Колосова.

Таблица 5. Химические анализы (мас. %) фенгитовых кварцитов Кузнечихинского месторождения

Компо- ненты	1	2	3	4	Среднее 1-4
	C-4/15	C-7/12	C-69/15	C-3/10	
SiO ₂	85.42	85.95	87.98	88.23	86.89
TiO ₂	0.38	0.39	0.41	0.39	0.39
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.027	0.00
Al ₂ O ₃	5.51	5.56	4.39	4.63	5.02
Fe ₂ O ₃	1.56	1.73	0.51	0.50	1.07
FeO	1.71	1.88	2.30	1.95	1.96
MnO	0.030	0.039	0.053	0.020	0.035
MgO	0.56	0.39	0.66	0.84	0.61
CaO	0.56	1.05	0.43	0.30	0.58
BaO	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Na ₂ O	0.91	1.87	1.19	0.86	1.21
K ₂ O	1.37	0.47	0.94	1.42	1.05
P ₂ O ₅	0.052	0.006	0.016	0.024	0.024
V ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
F	0.022	0.022	0.031	0.020	0.024
П.п.п.	0.69	0.07	0.03	0.32	0.28
H ₂ O	0.32	0.09	0.14	0.18	0.18
Сумма	99.19	99.60	99,17	99,82	99.41

Примечание. 1–4 – фенгитовые кварциты (кварц + фенгит ± плагиоклаз ± пирит).

скопии (РЭМ), на отдельных зернах которого был зафиксирован характерный для него скол “крышки часов” (рис. 7) [12, 22]. Методом РЭМ так же

установлена ранее неизвестная структурная особенность “уфалейского” кварца – многие зерна которого оказались пораженными субпараллельными дефект-каналами, диаметром около 1.0–1.5 мкм (рис. 8–11), выходы которых на поверхности в зоне [0001] наблюдаются в виде характерных треугольных ямок (рис. 11) [7]. Дефект-каналы на поверхностях природных кристаллов кварца были отмечены и ранее рядом исследователей [41, 44, 47, 49]. Процесс “запечатывания” дефект-каналов и сами дефект-каналы пока изучены крайне недостаточно [38, 41]. Иногда их рассматривают как поры, размером 1.5–2.0 мкм, заполненные газом-жидкими включениями [17] или же просто субмикроскопическими порами [22]. Дефект-каналы характерны для многих минеральных видов – они обнаружены в апатите, доломите, барите, антофиллите, топазе, берилле, колеманите, карбиде кремния и в кристаллах льда.

“Уфалейский” кварц характеризуется стабильными значениями коэффициента светопропускания – T , % (табл. 6–8). Однако наиболее высокие значения светопропускания установлены в сером и светло-сером мелко-тонкозернистом кварце Кузнечихинского месторождения (табл. 6–8), который по основным характеристикам ($T = 82–83\%$, содержание примесей – до 25 г/т и высокотемпературной флюидной фазы – до 20 г/т) близок к

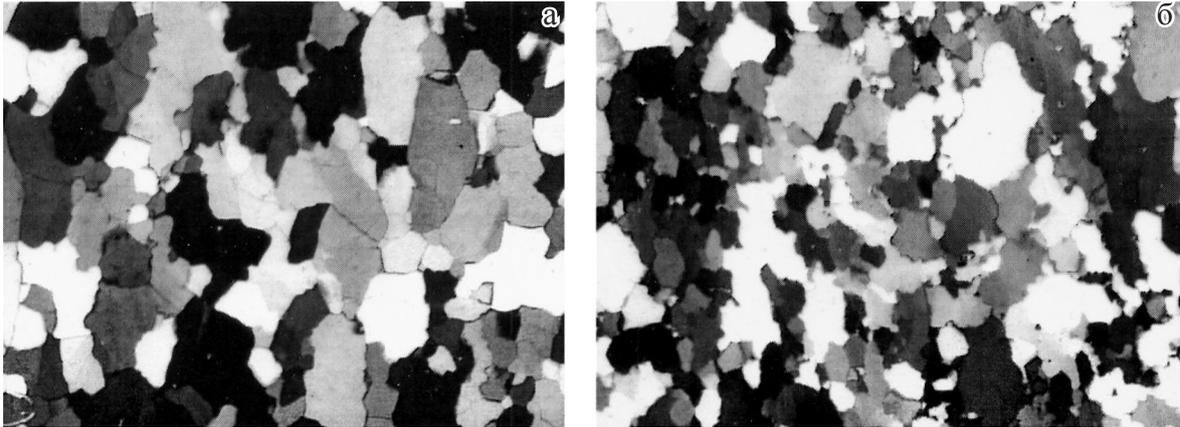


Рис. 6. Мелкозернистый кварц “уфалейского” типа с относительно ровными (а) и извилистыми (б) контурами зерен.

Жила № 191. Кузнечихинское месторождение. С анализатором. Увеличение 30.

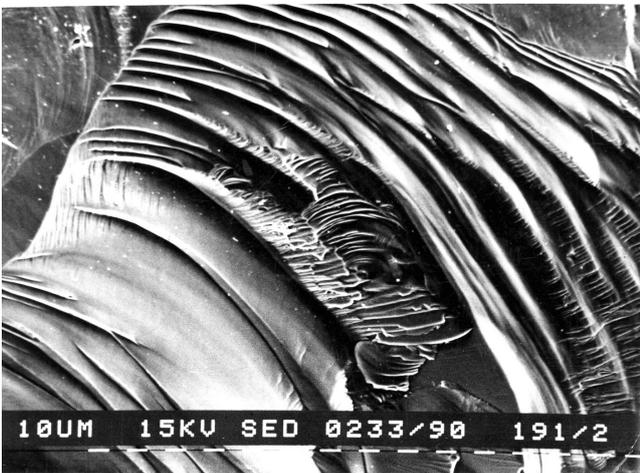


Рис. 7. Скол “крышки часов” в однородном кварце “уфалейского” типа.

Кузнечихинское месторождение. Жила № 191. Увеличение 1250. Цена деления маркера – 10 мкм. Здесь и далее, в рис. 8–11 использовался растровый микроскоп SEM-500B, аналитик А.Р. Нестеров.

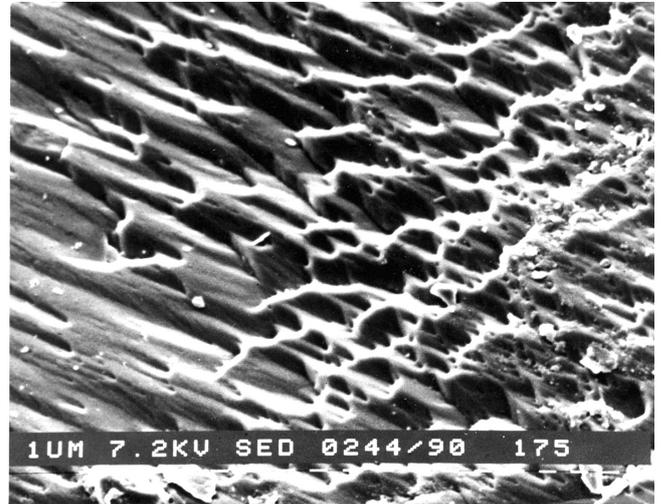


Рис. 8. Дефект-каналы – структурная особенность “уфалейского” кварца.

Острогорское месторождение. Жила № 175. Увеличение 2500. Цена деления маркера – 1 мкм.

кварцу с торговой маркой IOTA (IOTA High Purity Quartz UNIMIN) месторождения Спрус Пайн в Калифорнии, США.

Метрика элементарной ячейки “уфалейского” кварца ($a_0 = 4.9122$, $c_0 = 5.4041$, $c_0/a_0 = 1.10014\text{\AA}$, $V_0 = 112.936\text{\AA}^3$) близка к параметрам дымчатого гигантозернистого кварца из гранитных пегматитов Среднего и Южного Урала [4].

Инфракрасные спектры поглощения (ИК-Фурье спектрометр Nexus-870, Thermo Nicolet), полученные в результате ступенчатого отжига плоскопараллельных образцов “уфалейского” кварца, с шагом от 100 до 1400°C, представляют широкую диффузную полосу с максимумом 3400 см^{-1} , на которую накладываются узкие линии обертонов и

Н-дефектов [42]. Широкая полоса приписывается молекулярной воде, узкие полосы – колебаниям структурно связанной воды. Спектры по форме подобны друг другу, отличаются друг от друга по интенсивности и пропорциональной концентрации соответствующих группировок. По результатам проведенных исследований установлено, что вода в “уфалейском” кварце в основном содержится в молекулярной форме в трещинах, каналах, межзерновом пространстве и газовой-жидких включениях. Содержания Al-OH групп незначительные и не превышают 0.5 г/т [42].

Минеральный состав жил “уфалейского” кварца изучался многими исследователями [3, 5, 11, 12, 17, 21, 23, 27, 30, 39].

Таблица 6. Результаты лабораторных исследований кварца Кузнечихинского месторождения по [27]

№ жил	Число проб	Т, %	Сумма минер. примесей, г/т	Содержание примесей, г/т												
				Cu	Ti	Li	Ca	Ni	Mg	Mn	Al	Fe	K	Na		
191	41	76-86 81	0.2-110 32	0.04-6.5 0.28	0.7-6.5 2.86	1.4-3.2 0.62	0.4-1.6 3.1	0-0.24 0.06	0.9-8.0 2.16	0.02-4 0.33	2.7-7.0 21.7	0.72-1.5 4.15	2.9-12 5.37	2-12.8 4.53		
192	14	82-84 82.7	15-50 23	0.06-1.6 0.5	1.8-10 5.04	0.4-9 2.5	0.54-9.5 2.7	0-0.24 0.09	0.56-7.5 3.3	0.06-8 1.56	11-60 31.86	2-44 8.75	5-10 7.5	1.5-12 6.36		
193	23	74-89 81.5	1.4-90 29	0.03-3 0.46	0.8-5.6 2.02	0.2-0.7 0.45	0.32-2.8 1.77	0-0.23 0.05	0.57-5.1 4.34	0.03-0.4 0.04	6.0-60 21.8	0.4-1.6 3.96	4.6-12 7.17	3.4-15 7.3		
194	18	75-89 80	10-455 116	0.06-1.2 0.26	1.2-9.0 3.08	0.24-1.3 0.63	0.2-9.3 2.29	He опр.	0.2-2.4 0.8	0.06-0.16 0.1	11.4-50 33.5	0.2-8 3.8	2.3-17 7.58	2.3-11 8.47		
413	6	He опр.	-	<0.5	<0.5	-	1.1-4.8 3.1	-	1.0-2.6 1.1	0.05	11.1-12.6 11.8	0.5	4.6	2.8		
414	5	80-83 81.0	3.0	0.06-1.0 0.25	1-3.6 1.9	-	0.2-4 1.2	-	0.32-1 0.7	0.06-1 0.7	9-54 23.4	0.9-3 2.0	4-8 65	5-16 7.9		

Таблица 7. Содержание элементов-примесей (г/т) в продуктах предварительного обогащения жильного кварца Кузнечихинского месторождения по [21]

Элементы-примеси, г/т	Al	B	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Na	Ti	Zr
Жила № 191, образец 01	28.1	0.19	14.1	0.47	3.28	17.3	10.49	0.57	2.01	0.20	3.9	4.2	0.02
Жила № 191, образец 02	42.0	0.15	5.3	0.32	1.63	24.7	19.39	0.30	4.97	0.24	3.1	5.4	0.03
Жила № 413, образец 01	29.9	0.17	5.3	0.94	1.00	13.8	10.8	0.60	1.21	0.18	3.2	4.8	0.02
Жила № 413, образец 02	31.7	0.13	7.3	0.39	0.84	15.7	9.78	0.34	2.47	0.21	2.9	4.0	0.02
Жила № 414, образец 12	53.2	0.11	7.9	0.18	0.17	11.4	24.6	0.57	3.12	0.12	4.1	6.6	0.01

Примечание. Анализы выполнены на масс-спектрометре ICP-MS Agilent 7500A, аналитик Л.А. Паутов

Таблица 8. Примесный состав (г/т) продуктов глубокого обогащения кварцевых концентратов Кузнечихинского и Беркутинского месторождений по [21].

Элемент	Содержание элементов примесей, г/т												
	Li	Na	K	Mg	Ca	Fe	Cu	Cr	Mn	Ti	Al	Zr	Ni
1	0.26	1.05	1.95	0.24	0.49	2.28	0.02	0.06	0.02	3.33	8.38	<0.01	0.03
2	0.25	1.06	1.97	0.24	0.5	0.85	0.01	0.06	0.01	3.35	8.34	<0.01	0.03
Среднее	0.25	1.05	1.96	0.24	0.49	1.56	0.01	0.06	0.01	3.34	8.36	<0.01	0.03
1	0.37	5.34	4.42	0.68	3.21	1.68	0.07	0.04	0.03	5.5	19.9	0.01	0.02
2	0.37	6.07	4.73	0.70	3.39	1.71	0.07	0.06	0.03	5.43	20.1	0.01	0.03
Среднее	0.37	5.71	4.58	0.69	3.30	1.70	0.07	0.05	0.03	5.47	20.0	0.01	0.03

Примечание. Анализы выполнены на спектрометре Perkin Elmer DRC II model ICP-MS, Quarzschmelze Imenau (Германия).

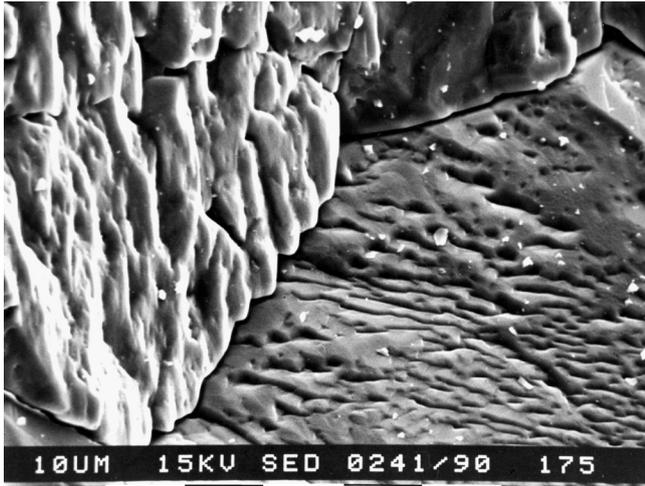


Рис. 9. “Рельеф” дефект-канальных зерен “уфалейского” кварца.

Острогорское месторождение. Жила № 175. Увеличение 1250. Цена деления маркера – 10 мкм.

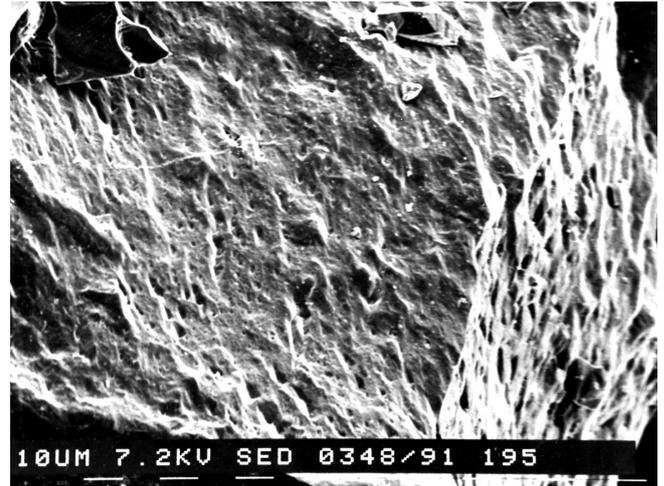


Рис. 10. Дефект-каналы в кварце “уфалейского” типа.

Кузнечихинское месторождение. Жила № 195. Увеличение 1250. Цена деления маркера – 10 мкм.

В жилах “уфалейского” кварца автором установлены 65 минералов: α -сера, β -халькозин, пирротин, молибденит-2Н, молибденит-3R, марказит, халькопирит, борнит, гематит, α -кварц, пиролюзит, магнетит, титаномагнетит, рутил, рутил-(Nb), псиломелан, ильменит, ильменит-(Nb), гетит, гидрогетит, алмадин-(Ca), алмадин, алмадин-(Mg), спессартин-гроссуляр-алмадин, гроссуляр-спессартин-алмадин, спессартин-алмадин-гроссуляр), титанит-(Al, F, Nb), титанит-(Y), клиноцоизит, эпидот, эпидот-(Y), мусковит 2M₁, мусковит-(Fe) 2M₁, фенгит 2M₁, флогопит 1M, тетраферрифлогопит-(Cr) 1M, биотит 1M, биотит-(Ti), тетраферрибиотит-(Ti) 1M, аннит-(Ti) 1M, аннит-(Ti, Ba) 1M, тетраферрианнит-(Ti) 1M, оксианит-(Ti), гидробиотит, гидроаннит, рипидолит, эгирин-авгит, эгирин, арфведсонит, алюминочермакит, микроклин, микроклин-(Ba), альбит, альбит-олигоклаз, K-Na полевой шпат, кальцит-(Sr), кальцит, доломит, анкерит, апатит-(F), апатит-(F, Sr), апатит-(Sr, Y), ксенотим-(Y), фергусонит-(Y), десмин.

Изучение внутреннего строения и вещественного состава жил “уфалейского” кварца позволило установить несколько процессов, наложенных на кварц: *скарнирование (железо-марганцевые скарны) → щелочной метасоматоз (фениты – карбонатиты) → кислотное выщелачивание (метасоматиты кварц-мусковитовой и кварц-фенгитовой фации) → гипергенез (гипергенная минерализация).*

Скарновая минерализация пока установлена только в жиле “Беркутинской” и представлена крайне редкими по составу трехкомпонентными гранатами (табл. 9), фациально относящихся к низкобарическим образованиям дистен-андалузит-силлиманитовой

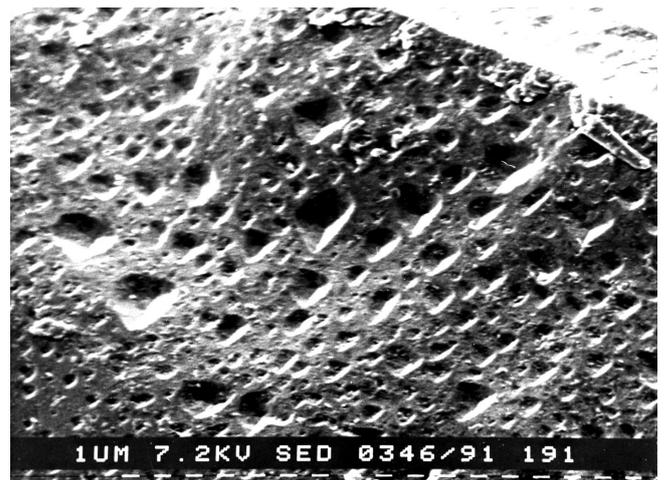


Рис. 11. Треугольные ямки – запечатанные дефект-каналы на плоскости [0001] зерна “уфалейского” кварца.

Кузнечихинское месторождение. Жила № 191. Увеличение 2500. Цена деления маркера – 1 мкм.

фациальной серии: спессартин-гроссуляр-алмадинами (Pu_{6,3}Alm_{49,1}Sps_{20,4}Ca-комп_{24,2}, F = 88.6, N = 1.793, a₀ = 11.620 Å³) – гроссуляр-спессартин-алмадинами (Pu_{3,4}Alm_{35,9}Sps_{35,9}Ca-комп_{24,8}, F = 91.1, N = 1.791, a₀ = 11.638 Å³) – спессартин-алмадин-гроссулярами (Pu_{6,0}Alm_{27,8}Sps_{22,9}Ca-комп_{43,3}, F = 82.2, N = 1.774, a₀ = 11.683 Å³) (компонентные составы, железистость, оптические свойства и рентгеновские константы рассчитаны автором по аналитическим данным М.А. Игуменцевой, [21]). Гранаты близкого состава обнаружены в низкобарических блоках Горно-Алтайской области [37] и железо-марганцевых

Таблица 9. Химический состав (мас. %) и физические свойства гранатов кварцевой жилы “Беркутинской” по [21]

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	Среднее из 1–7	8	9	10	Среднее из 8–10	11	12
SiO ₂	37.68	38.54	38.34	37.95	37.85	38.68	38.59	38.23	37.92	38.62	38.94	38.49	39.67	37.30
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Al ₂ O ₃	21.43	20.42	21.00	21.41	20.20	20.59	20.59	20.20	19.82	20.73	20.64	20.40	21.12	19.46
FeO	21.70	21.86	22.02	21.27	22.65	21.62	21.36	21.78	15.62	15.95	15.88	15.82	12.43	21.32
MnO	8.68	9.22	9.16	8.25	8.95	9.22	9.11	8.94	16.33	15.24	15.52	15.70	10.11	11.28
MgO	1.60	1.50	1.22	2.23	1.15	1.66	1.70	1.58	0.66	1.27	0.69	0.87	1.49	1.93
CaO	8.88	8.02	8.26	8.36	8.54	7.77	8.48	8.33	9.35	7.95	8.28	8.53	15.06	8.38
Сумма	99.97	99.56	100.00	99.47	99.34	99.55	99.83	99.66	99.70	99.76	99.95	99.81	99.88	100.08
F	83.4	89.0	90.9	84.2	91.7	87.8	87.6	88.6	93.0	87.5	92.9	91.1	82.2	86.1
N	1.792	1.793	1.795	1.791	1.792	1.794	1.792	1.793	1.791	1.791	1.792	1.791	1.774	1.788
a ₀ , Å	11.622	11.618	11.620	11.616	11.621	11.615	11.620	11.620	11.645	11.631	11.638	11.638	11.683	11.630
Py	6.4	6.1	5.0	9.0	4.6	6.8	6.8	6.3	2.6	5.2	2.8	3.5	6.0	8.2
Alm	48.5	49.3	49.9	47.9	50.6	49.2	48.0	49.1	34.4	36.3	36.5	35.8	27.8	38.9
Sps	19.7	21.2	21.1	18.9	20.3	21.3	20.8	20.4	36.5	35.2	36.2	35.9	22.9	27.3
Gros	25.4	23.4	24.0	24.2	24.5	22.7	24.4	24.2	26.5	23.3	24.5	24.8	43.3	25.6

Примечание. 1–7 – спессартин-гроссуляр-альмандины, 8–10 – гроссуляр-альмандин-спессартин, 11 – спессартин-альмандин-гроссуляры, 12 – гроссуляр-спессартин-альмандины. Анализы выполнены на микрозонде в Институте минералогии УрО РАН. Компонентный состав, физические свойства и фациальная принадлежность гранатов определены автором по данным таблицы. 1–10 – гранаты из кварцевой жилы “Беркутинской”, 11–12 – гранаты из железомарганцевых скарнов Уфимского рудоуправления, Уфалейский метаморфический блок, Средний Урал [10].

Таблица 10. Химические анализы (мас. %) микроклинов и карбонатитов, кварцево-жильной зоны № 175 Острогорского месторождения

Компоненты	12	13	14	15	2
SiO ₂	70.20	69.98	69.44	61.40	19.91
TiO ₂	0.02	0.02	0.03	0.55	0.06
ZrO ₂	0.006	0.005	0.006	0.014	He опр.
Al ₂ O ₃	15.81	15.81	15.60	16.90	1.25
Cr ₂ O ₃	0.01	0.01	Сл	0.01	He опр.
Fe ₂ O ₃	0.09	0.10	Сл	1.63	1.97
FeO	1.33	?	1.81	1.77	3.11
MnO	0.01	0.01	0.05	0.07	0.57
MgO	0.05	0.05	0.33	2.13	3.88
CaO	0.20	0.19	0.35	3.72	39.08
Na ₂ O	3.40	3.16	2.52	2.60	0.29
K ₂ O	7.98	8.32	9.05	7.97	0.36
V ₂ O ₅	Сл	Сл	Сл	Сл	He опр.
P ₂ O ₅	0.01	<0.01	0.03	0.04	He опр.
Nb ₂ O ₅	<0.002	<0.002	Сл	<0.002	He опр.
Ta ₂ O ₅	<0.001	<0.001	Сл	<0.001	He опр.
F	0.01	0.01	0.04	0.04	0.15
П.п.пр.	0.50	0.49	0.49	0.66	He опр.
Сумма	99.61	100.22	99.74	99.50	100.09

Примечание. 12–15 – Микроклины, замещающие “уфалейский” кварц, $Mcr + Q \pm Aeg-Aug \pm Bi \pm Ru$; 2 – кальцитовые карбонатиты с реликтами “уфалейского” кварца, жила № 175. Сокращения: *Mcr* – микроклин, *Q* – кварц, *Aeg-Aug* – эгирин-авгит, *Bi* – биотит, *Ru* – рутил. Анализ 2 выполнен в химлаборатории ИМин УрО РАН, аналитик Л.А. Ганеева; остальные анализы – в Центральной химической лаборатории ПО “Уралгеология”, аналитик Н. Колосова.

скарнах Уфалейского метаморфического блока [10]. Последняя находка позволяет считать, что гранаты гроссуляр-спессартин-альмандинового состава

ва в кварце “уфалейского” типа связаны с процессами низкобарического скарнирования.

С процессами щелочного метасоматоза (фенинизацией и карбонатитами) в кварцевых жилах “уфалейского” типа связаны более 30 минералов – молибденит-3R, молибденит-2H, пирротин, рутил-(Nb), ильменит-(Nb), магнетит, титаномagnetит, титанит-(Y), титанит-(Al, F, Nb), эпидот-(Y), биотит, тетраферрифлогопит 1M, биотит-(Ti) 1M, аннит, аннит-(Ti), тетраферрианнит-(Ti), оксианнит-(Ti) 1M, рипидолит, эгирин-авгит, эгирин, арфведсонит, алюмоночермакит, микроклин-(Ba), альбит, альбит-олигоклаз, K-Na полевой шпат, кальцит-(Sr), доломит, анкерит, апатит-(F, Sr), апатит-(Y), десмин.

Микроклины, в виде сложно ветвящихся жил, замещают “уфалейский” кварц. В изобилии фениновый микроклин можно наблюдать в жиле № 175 Острогорского месторождения (табл. 10). Состав его характеризуется постоянным присутствием бария (мол. %): $Ab_{0.0}Or_{97.2}Zois_{2.8}-Ab_{3.2}Or_{96.3}Zois_{0.5}$ (среднее 69 микрозондовых анализов) [11]. Новый аналитический материал по этому вопросу имеется в монографии М. А. Игуменцовой, которой установлено, что часть изученных образцов представлена максимально упорядоченным микроклином [21]. С микроклином отмечаются железомagneзиальные слюды, магнетит, титаномagnetит, эгирин-авгит, арфведсонит, ильменит-(Nb), рутил-(Nb). Микроклины повсеместно замещаются мелкозернистым альбитом, состав которого (мол. %) колеблется в узком интервале: $An_{0.2}Ab_{99.2}Or_{0.6}-An_{1.0}Ab_{88.5}Or_{1.5}$ (среднее 35 микрозондовых анализов, микроанализатор JXA-5a, ИГТ УрО РАН). В образцах, содер-

жащих минимальные концентрации анортитового компонента, установлено оксидное железо – 0.20–0.34 мас. % (микрозонд WDX-2а, аналитик А.Р. Нестеров, СПбГУ).

Карбонатитовая минерализация изучена на материалах собранных по жиле № 175 Острогорского месторождения. Среднезернистые светло-серые и серые карбонаты, содержащие реликты “уфалейского” кварца (табл. 11–12), по падению жилы полностью вытесняют жильный кварц. С карбонатами калишпат-кальцитовой фации, в жильном кварце связаны магнетит, титаномагнетит, биотит, биотит-(Ti) 1М, флогопит 1М, аннит-(Ti) 1М, тетраферрианнит-(Ti) 1М, оксианнит-(Ti) 1М, аннит-(Ti, Ba) 1М, эгирин-авгит, альбит-олигоклаз, кальцит-(Sr), апатит-(F, Sr). **Минералы карбонатитов** альбит-кальцитовой фации представлены тетраферрифлогопитом-(Cr) 1М, эгирином, арфведсонитом, эпидотом-(Y), фергюсонитом-(Y), доломитом, анкеритом, апатитом-(Sr, Y), молибденитом 2Н, ксенотимом-(Y). **Количество железомagneзиальных слюд** в отдельных жилах может достигать 8–10%.

Карбонатитовая минерализация представлена в основном разнообразными по составу и структуре железомagneзиальными слюдами (табл. 12). Установлено, что по мере увеличения щелочности железистость и титанистость слюд возрастает (к. ф.): биотит – $K_{0.83}(Fe^{+2}_{1.25}Mg_{1.23}Mn_{0.02}Ti_{0.14}Al_{0.24})_{2.88}$

Таблица 11. Химические анализы карбонатитов Уфалейского метаморфического блока (мас. %)

Компоненты	1	2	3	4	5
SiO ₂	3.48	19.91	1.36	11.82	3.32
TiO ₂	0.02	0.06	12.70	0.26	0.38
Al ₂ O ₃	0.44	1.25	2.07	2.10	0.61
Fe ₂ O ₃	2.34	1.97	11.94	14.81	10.73
FeO	2.74	3.11	14.01	6.96	7.04
MnO	0.70	0.57	0.58	0.21	0.58
MgO	3.20	3.88	4.40	2.09	10.41
CaO	48.02	39.08	22.65	34.65	31.40
Na ₂ O	0.20	0.29	0.20	0.60	0.20
K ₂ O	0.29	0.36	0.36	0.36	1.02
CO ₂	38.68	29.44	30.07	26.16	33.75
H ₂ O ⁻	0.05	0.02	0.11	0.18	0.03
F	0.12	0.15	0.08	0.08	0.19
Сумма	100.28	100.09	100.53	100.28	99.66
n	4	2	5	3	1

Примечание. 1–4 – кальцитовые карбонаты: 1 – крупно-среднезернистые, район жилы № 175; 2 – то же с реликтами жильного кварца “уфалейского” типа, там же; 3 – среднезернистые с реликтами рутиловых руд, Кузнечихинское месторождение мелкокристаллического рутила; 4 – крупно-среднезернистые с реликтами магнетит-кварцевых руд, Теплогорский рудник; 5 – доломитовые карбонаты с эгирином и тетраферрифлогопитом жилы № 175. Химические анализы выполнены в лаборатории ИМин УрО РАН, аналитик Л.А. Ганеева.

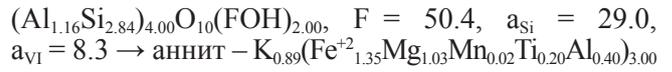


Таблица 12. Химические анализы (мас. %); коэффициенты F_{общ.}, f₀, a_{Si}, a^{IV}; оптические свойства биотит-аннитов из фенитов и карбонатитов калишпат-кальцитовой фации, сопровождающих жилы “уфалейского” кварца

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	37.43	37.70	36.49	36.40	35.30	32.66	35.20	38.87	36.56	36.76
TiO ₂	1.12	2.27	3.02	3.24	3.26	4.10	3.67	1.45	1.92	1.87
Al ₂ O ₃	14.43	17.09	17.50	15.21	15.95	15.73	15.94	16.60	15.11	15.06
Fe ₂ O ₃	4.02	3.75	2.30	6.63	6.85	2.76	15.08	6.50	7.77	5.94
FeO	14.22	12.16	16.61	17.06	18.74	23.62	14.37	11.58	14.83	14.36
MnO	0.25	0.21	0.21	0.31	0.19	0.05	0.28	0.28	0.33	0.32
MgO	13.49	12.99	9.97	7.66	6.00	6.39	0.98	12.99	8.88	10.90
CaO	0.63	0.26	0.00	0.24	0.16	0.86	0.42	0.70	0.42	0.53
BaO	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	2.44	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
Na ₂ O	0.20	0.36	0.96	0.22	0.31	0.25	0.22	0.33	0.20	0.20
K ₂ O	9.67	10.02	9.28	10.07	9.87	7.70	10.37	8.48	9.81	9.85
H ₂ O ⁺	3.83	2.72	3.78	3.50	3.06	3.22	2.85	3.15	3.43	4.27
H ₂ O ⁻	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
F	0.62	0.17	0.28	0.30	0.40	0.12	0.33	0.64	0.82	0.14
Сумма	99.91	99.70	100.41	100.74	100.09	99.90	99.71	100.57	100.08	100.20
O=F ₂	0.29	0.07	0.14	0.13	0.17	0.04	0.14	0.27	0.35	0.05
Сумма	99.62	99.63	100.27	100.61	99.62	99.86	99.57	100.30	99.73	100.15
F _{общ.}	42.8	40.1	51.2	62.8	69.9	69.6	94.1	42.9	57.9	50.3
f ₀	0.20	0.22	0.11	0.25	0.25	9.5	0.48	0.33	0.32	0.27
a _{Si}	29.0	30.5	31.0	30.2	31.0	34.5	30.7	30.5	30.0	30.0
a _{IV}	3.9	9.3	11.4	6.2	7.4	3.8	10.2	7.8	5.9	5.4
n _g ≈ n _m	1.643	1.640	1.654	1.668	1.676	1.680	1.714	1.644	1.659	1.651
Окраска по Ng	коричневая			зеленая		коричневая				

Примечание. Биотиты из: карбонатитов (обр. 1) и слюдитов (обр. 2–3); анниты-(Ti) из: слюдитов (обр. 4–7), микроклинитов эгиринов (обр. 8) и нельсонитов рутил-апатитовых (обр. 9–10).

$(Al_{1.07}Si_{2.93})_{4.00}O_{10}(F,OH)_{2.00}$, $F = 56.7$, $a_{Si} = 26.7$, $a_{VI} = 13.3 \rightarrow$ аннит-(Ti) – $K_{0.95}(Fe^{+2}_{1.57}Mg_{0.85}Mn_{0.02}Ti_{0.28}Al_{0.28})_{3.00}(Al_{1.10}Si_{2.90})_{4.00}O_{10}(F,OH)_{2.00}$, $F = 64.9$, $a_{Si} = 27.5$, $a_{VI} = 9.3$ (табл. 11). Микронзондовым анализом установлена однородность состава “карбонатитового” биотита – $(K_{0.92}Na_{0.05})_{0.97}(Fe^{+2}_{1.18}Mg_{1.20}Mn_{0.01}Ti_{0.12}Al_{0.32})_{2.83}(Al_{1.11}Si_{2.89})_{3.00}O_{10}(F,OH)_{2.00}$, $F = 49.6$, $a_{Si} = 27.7$, $a_{VI} = 11.3$. Более редкие железомagneзиальные слюды представлены (к. ф.): – изумрудно-зеленым тетраферрифлогопитом – $(K_{0.89}Na_{0.03}Ca_{0.01})_{0.93}(Fe^{+2}_{0.04}Fe^{+3}_{0.69}Mg_{2.23}Mn_{0.02}Cr_{0.04}Ti_{0.02})_{3.02}(Al_{0.96}Fe^{+3}_{0.10}Si_{2.94})_{4.00}O_{10}(OH)_{2.20}F_{0.10}$, $F = 24.7$, $a_{Si} = 24.0$, $a_{VI} = 0.0$, политип 1M, – красно-коричневым аннитом-(Ti, Ba) – $(K_{0.79}Na_{0.04}Ca_{0.07}Ba_{0.08})_{0.98}(Fe^{+2}_{1.58}Fe^{+3}_{0.07}Mg_{0.76}Ti_{0.25}Al_{0.11})_{2.77}(Al_{1.38}Si_{2.62})_{3.00}O_{10}(OH)_{1.72}F_{0.03}$, $F_{общ} = 69.7$, $a_{Si} = 34.5$, $a_{VI} = 3.8$, – коричневым тетраферрианнитом – $K_{0.86}Na_{0.11}Ca_{0.03})_{1.00}(Fe^{+2}_{2.27}Mg_{0.51}Ti_{0.26})_{3.04}(Al_{0.32}Fe^{+3}_{0.51}Si_{3.07})_{4.00}O_{10}(F,OH)_{2.00}$, $F = 82.2$, $a_{Si} = 8.0$, $a_{VI} = 0.0$.

Нельсониты в породах Уфалейского блока впервые охарактеризованы в одной из статей Н.В. Свяжина и В. Я. Левина [36]. Обнаруженные ими нельсониты (Слюдорудник, жила № 3), состоящие из рутила и биотита, рутила и титанита, содержат постоянную примесь апатита. Химический состав породы, состоящей из (об. %): ильменита 16, рутила 18, титанита 24, биотита 42, дал следующие результаты (мол. %): $SiO_2 - 18.78$, $TiO_2 - 47.05$, $Al_2O_3 - 5.01$, $Fe_2O_3 - 3.12$, $FeO - 15.06$, $CaO - 6.47$, $MgO - 2.90$, $P_2O_5 - 0.08$, сумма – 98.47 (анализ выполнен в Центральной химлаборатории ПО “Уралгеология”). Светло-желтый титанит ($SiO_2 - 30.32$, $TiO_2 - 40.38$, $Fe_2O_3 - 1.20$, $CaO - 28.24$, $MgO -$ следы, $Na_2O + K_2O - 0.16$, сумма – 100.30 мол. %, $Ng = 2.03$, $Np = 1.91$) замещает ильменит и рутил. Апатит ($N_0 = 1.633$, $Ne = 1.625$) неравномерно рассеян в породе в виде крупных (до 15 см) в сечении кристаллов, укороченных по оси шестого порядка. По оптическим свойствам относится к фторапатиту. Более поздними исследованиями установлено, что апатиты из аналогичных по составу нельсонитов кварцево-жильной зоны № 175 Острогорского месторождения содержит стронций ($CaO - 52.28$, $P_2O_5 - 42.00$, $SrO - 1.49$, $TR_2O_3 - 0.32$, $SiO_2 - 0.80$, $F - 3.30$, $H_2O^+ - 0.50$, сумма – 100.69, $O = F_2 = 1.40$, сумма – 99.29 мас. %) и характеризуется иттриевым составом редких земель ($La - 0.4$, $Pr - 0.5$, $Nd - 2.2$, $Sm - 2.7$, $Eu - 0.2$, $Gd - 0.8$, $Tb - 0.4$, $Dy - 10.4$, $Go - 1.2$, $Er - 11.0$, $Yb - 9.9$, $Lu - 0.6$, $Y - 50.1$, ЦХЛ УТГУ, аналитик А.В. Васильев) [5]. Состав редких земель апатита-(Sr) оказался близким к составу апатитов-(Y), впервые открытых в гранитных пегматитах Японии [48].

Продукты кислотного выщелачивания в жилах “уфалейского” типа представлены диоктаэдрическими слюдами мусковит-ферримусковит-фенгитовой серии с низкими содержаниями парагонитового компонента – 6.4–2.8 мол. %. Фациальная принадлежность изученных слюд, опреде-

ленная по диаграммам $a_{Si} - a_{VI}$ [24] позволяет отнести их к низкобарическим образованиям зеленосланцевой фации метаморфизма, что, в общем, соответствует конкретной геологической обстановке. Богатейший фактический материал по типохимизму светлых слюд [24, 35, 43, 45, 46] позволяет установить общий тренд изменения их состава в жилах “уфалейского” типа, в которых, с понижением $P-T$ условий мусковит замещается фенгитом:

$K_{0.75}[Fe^{+2}_{0.27}Mg_{0.29}Ti_{0.05}Al_{1.57}]_{2.18}[Al_{0.79}Si_{3.21}]_{4.00}$, $a_{Si} = 19.6$, $a_{VI} = 28.0$, Musc₁₀₀ (мусковит), $\rightarrow K_{0.87}[Fe^{+2}_{0.24}Mg_{0.25}Ti_{0.01}Al_{1.57}]_{2.07}[Al_{0.63}Si_{3.37}]_{4.00}$, $a_{Si} = 17.5$, $a_{VI} = 29.0$; Musc₁₀₀ (фенгит), $(K_{0.76}Na_{0.04})_{0.80}[Fe^{+2}_{0.22}Mg_{0.29}Ti_{0.02}Al_{1.59}]_{2.12}[Al_{0.80}Si_{3.20}]_{4.00}$, $a_{Si} = 19.5$; $a_{VI} = 26.0$; Parag₄Musc₉₆ (мусковит), $\rightarrow (K_{0.94}Na_{0.04})_{0.98}[Fe^{+2}_{0.33}Mg_{0.23}Ti_{0.05}Al_{1.55}]_{2.16}[Al_{0.70}Si_{3.30}]_{4.00}$, $a_{Si} = 17.5$; $a_{VI} = 29.0$; Parag₄Musc₉₆ (фенгит).

Поздний прожилковый железистый мусковит, по составу близкий к фенгиту, ($SiO_2 - 47.32$, $TiO_2 - 0.86$, $Al_2O_3 - 27.67$, $FeO - 5.44$, $MgO - 2.43$, $Na_2O - 0.32$, $K_2O - 11.32$), $(K_{0.96}Na_{0.04})_{1.00}[Fe^{+2}_{0.32}Mg_{0.24}Ti_{0.04}Al_{1.40}]_{2.00}[Al_{0.80}Si_{3.20}]_{4.00}O_{10}(F,OH)_{2.00}$, $F = 57.1$, Parag_{4.1}Musc_{95.9}) замещает рутил и сопровождается разнообразной сульфидной минерализацией (β -халькозином, пиритом, пирротинном, молибденитом 2Н, халькопиритом, сфалеритом и борнитом). Более полные сведения о кварцево-жильной минерализации, связанной с процессами кислотного выщелачивания, имеются в ряде известных работ [25, 33].

Гипергенная минерализация представлена продуктами выветривания железомagneзиальных слюд (гидробиотитами, гидроаннитами), различных по составу сульфидов и гранатов. Рентгеновским и термическим анализами в кварцевых жилах установлены α -сера, марказит, гетит, гидрогетит, псиломелан, гидробиотит:

$(K_{0.63}Na_{0.04}Ca_{0.08}Ba_{0.02})_{0.77}(Fe^{+2}_{0.30}Fe^{+3}_{0.79}Mg_{1.14}Mn_{0.01}Ti_{0.12}Al_{0.22})_{2.58}[Al_{1.18}Si_{2.82}]_{4.00}O_{10}(OH)_{3.16}F_{0.06}$, $F_{общ} = 48.9$, $f_o = 0.72$, $a_{Si} = 8.5$, $a_{VI} = 29.5$, политип 1Md и гидроаннит: $(K_{0.59}Na_{0.03}Ca_{0.05})_{0.67}(Fe^{+2}_{0.22}Fe^{+3}_{1.03}Mg_{0.72}Mn_{0.01}Ti_{0.18}Al_{0.33})_{2.49}[Al_{1.13}Si_{2.83}]_{4.00}O_{10}(OH)_{3.60}F_{0.08}$, $F_{общ} = 63.4$; $f_o = 0.32$; $a_{Si} = 28.2$; $a_{VI} = 13.2$, политип 1Md > 2M₁. Тонкопорошковые агрегаты гетита и гидрогетита окрашивают жильный кварц в коричневые и бурые цвета. В выделениях гидрогетита нередко отмечались дипирамидальные кристаллики $(1-2) \times (0.1-0.2)$ α -серы, (находки В.И. Якшина).

Возрастная позиция жил “уфалейского” кварца определена пока лишь по их взаимоотношению с севидами (карбонатитами калишпат-кальцитово-фации), радиологический возраст (Pb^{207}/Pb^{206} , Pb^{206}/U^{238} , Pb^{205}/U^{238} , Pb^{205}/U^{235}) которых составляет 345–300 млн. лет [31]. Условно установленная верхняя граница времени образования “уфалейского” кварца, по нахождению среди вендских метагабброидов (600–590 млн. лет, R-Ag метод, по роговой обманке) [9], позволяет с определенными допущениями отнести его к рифейским образованиям [5].

Следует хотя бы кратко остановиться на генезисе “уфалейского” кварца. Наиболее известной является гипотеза магматического (пирогенного, 650–600°C) происхождения гигантозернистого кварца сердечников жил гранитных пегматитов [1, 18], являющегося протолитом для образования тонко-мелкозернистого “уфалейского” кварца [30, 32]. По наблюдениям другой группы исследователей эдуктом кварцево-жильных образований “уфалейского” типа являются метасоматические кварциты, образовавшиеся в стадию ранней коллизии в результате процессов кислотного выщелачивания. В стадию поздней коллизии под воздействием процессов дислокационного метаморфизма кварц метасоматических кварцитов претерпел перекристаллизацию с укрупнением кварцевых зерен до 2–5 мм. Перекристаллизованный кварц, в свою очередь, замещается поздним тонко-мелкозернистым кварцем, являющимся продуктом наложенного процесса кислотного выщелачивания нового этапа метаморфогенно-метасоматических преобразований [34].

Автор придерживается гипотезы гидротермально-метаморфогенного происхождения “уфалейского” кварца [6].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, полученные данные позволяют считать, что особо чистый кварц “уфалейского” типа связан с низкотемпературными шовными зонами, в пределах которых исходный высокотемпературный гиганто-крупнозернистый кварцевый протолит подвергся рекристаллизации с образованием гидротермально-метаморфогенного особо чистого тонко-мелкозернистого прозрачного кварца, известного как жильный кварц “уфалейского” типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакуменко И.Т., Косухин О.Н. Магматический кварц в занорышах камерных пегматитов // Докл. АН СССР. 1981. Т. 258, № 6. С. 1441–1445.
2. Белковский А.И. О типоморфизме состава гранатов метаморфитов дистен-андалузит-силлиманитовой фациальной серии // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Западно-Сибирской плиты и ее складчатого обрамления. Тюмень: Тюменское отделение ВМО, 1983. С. 33–35.
3. Белковский А.И. Кыштымское месторождение прозрачного жильного кварца: геодинамическая “возрастная” позиция и генезис кварцевых жил (Средний Урал) // Кварц. Кремнезем. Мат-лы Междунар. семинара. Сыктывкар, Геопринт, 2004. С. 189–191.
4. Белковский А.И. Рентгенография прозрачного кварца Урала // Минералы: строение, свойства, методы исследования. Миасс: ИМин УрО РАН, 2009. С. 21–25.
5. Белковский А.И. Геология и минералогия кварцевых жил Кыштымского месторождения. Миасс–Екатеринбург: ИМин УрО РАН, 2011. 234 с.
6. Белковский А.И. Минералогия жильного кварца “уфалейского” типа (Уфалейский метаморфический блок, Средний Урал) // Минералы: строение, свойства, методы исследования. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН–ИМин УрО РАН, 2012. С. 83–85.
7. Белковский А.И., Красильников П.А. Венд-нижнепалеозойская формация жил высокочистого кварца Урала: условия нахождения и качество сырья // Металлогения древних и современных океанов-99. Рудоносность гидротермальных систем. Миасс: ИМин УрО РАН, 1999. С. 34–37.
8. Белковский А.И., Красильников П.А., Савичев А.Н. Кыштымское месторождение гранулированного кварца: история открытия, эксплуатации и проблема поисков источников особо чистого кварца // Металлогения древних и современных океанов-2000. Открытие, оценка, освоение месторождений. Миасс: ИМин УрО РАН, 2000. С. 245–251.
9. Белковский А.И., Краснобаев А.А., Калеганов Б.А., Локтина И.Н. Новые данные о возрасте метабазитов и щелочных пород Уфалейского блока (Средний Урал) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Европейской территории России и Урала: мат-лы рег. конф. Кн. 2. Екатеринбург: Министерство природных ресурсов, 2000. С. 28–29.
10. Белковский А.И., Локтина И.Н. Родонит-спессартиновые скарны уфалейского метаморфического комплекса // Ежегодник-1976. Свердловск: ИГиГ УНЦ АН СССР, 1977. С. 50–52.
11. Белковский А.И., Нестеров А.Р. Минералы-примеси в жильном кварце Кузнечихинского месторождения на Среднем Урале // Минералогия кварца. Сыктывкар: Геопринт, 1992. С. 127–128.
12. Белковский А.И., Нестеров А.Р., Красильников П.А. Растровая электронная микроскопия жильного кварца // Разведка и охрана недр. 1999. № 3. С. 23–24.
13. Белковский А.И., Савичев А.Н. Перспективы поисков особо чистого кварца в орогенах уральского типа // Металлогения и геодинамика Урала: мат-лы III Всеуральского металлоген. совещ. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2000. С. 186–188.
14. Ведерников Н.И., Габидулин М.Г., Месхи А.М., Хайдаров Р.А. Оценка качества кварцевого сырья в полевых условиях на стадии поисково-разведочных работ // Разведка и охрана недр. 1999. № 3. С. 26–29.
15. Вертушков Г.Н., Соколов Ю.А., Якишин В.И. Возрастные взаимоотношения безрудных кварцевых жил в пределах мигматитовых комплексов Урала // Жильный кварц восточного склона Урала. Ч. III. Тр. СГИ. Вып. 80. Свердловск, 1970. С. 3–10.
16. Данилов М.А., Скрипниченко В.А. Апатит-титаномагнетит-ванадиевое оруденение в щелочных габбро на Северном Тимане // Геология рудных месторождений. 1980. № 1. С. 102–106.
17. Емлин Э.Ф., Синкевич Г.А., Якишин В.И. Жильный кварц Урала в науке и технике. Свердловск: Средне-Уральское книжное изд-во, 1988. 270 с.
18. Ермаков Н.П. Гранитные пегматиты, силекситы и кварцитолиты Казахстана // Докл. сов. геол. XXI сес. МГК. Проблема 17. М.: АН СССР, 1960. С. 41–42.
19. Зырянов В.Н. Петрология метасоматически измененных гранитоидов и щелочных пород Чингизской зоны. М.: Наука, 1969. 160 с.
20. Игуменцева М.А., Быков В.Н. Минеральные включения

- ния в гранулированном кварце Кыштымской группы месторождений // Минералы: строение, свойства, методы исследования. Миасс: ИМин УрО РАН, 2010. С. 181–182.
21. *Игуменцева М.А., Быков В.Н.* Кварц Кыштымского и Кузнецкихинского месторождений. Состав, структура, технологические свойства. Екатеринбург: ИМин УрО РАН, 2012. 166 с.
 22. *Игуменцева М.А., Котляров В.А.* Растровая электронная микроскопия жильного кварца Кузнецкихинского месторождения // Минералы: строение, свойства, методы исследования. Миасс: ИМин УрО РАН, 2009. С. 159–161.
 23. *Кобяшев Ю.С., Зверева Г.Ф.* Находка ромбоэдрической модификации молибденита на Урале // Минералогия и петрография Урала. Свердловск: УПИ, 1978. С. 79–83.
 24. *Кориковский С.П.* Изменение состава мусковит-фенгитовых слюд при метаморфизме // Фазовые равновесия и процессы минералообразования. Очерки физико-химической петрологии. Вып. III. М.: Наука, 1973. С. 71–95.
 25. *Коротеев В.А., Огородников В.Н., Поленов Ю.А. и др.* Щелочные и кислотные метасоматиты гнейсо-мигматитовых комплексов Урала (на примере Уфалейского метаморфического блока, Южный Урал) // Докл. АН. 2007. Т. 416, № 6. С. 748–788.
 26. *Котова Е.Л.* Онтогенетический анализ жильного кварца и оценка кварцевого сырья // Мат-лы Годичного собрания РМО “Онтогенез минералов и ее значение для решения геологических прикладных и научных задач”. СПб.: СПб отд. ВМО, 2009. С. 309–311.
 27. *Красильников П.А.* Кварцевые жилы Кузнецкихинского месторождения гранулированного кварца // Разведка и охрана недр. 1999. № 3. С. 11–15.
 28. *Кудрин В.С.* О формации редкометаллических щелочных кварц-полевошпатовых метасоматитов зон регионального метаморфизма // Геология рудных месторождений. 1972. № 5. С. 41–55.
 29. *Лепезин Г.Г., Френкель А.Э., Владимиров В.Г. и др.* Особенности структурных и минеральных превращений в метаморфических породах уфалейского комплекса // Геология и геофизика. 1998. Т. 39, № 8. С. 1155–1174.
 30. *Мельников Е.П.* Геология, генезис и промышленные типы месторождений кварца / Сост. Е.П. Мельников. М.: Недра, 1988. 216 с.
 31. *Минеев Д.А.* Редкоземельный эпидот из пегматитов Среднего Урала // Докл. АН СССР. 1959. Т. 127, № 4. С. 865–868.
 32. *Оболкин В.Д., Мельников Е.П., Евстропов А.А.* Вещественный состав силексита месторождения “Гора Хрустальная” (Средний Урал) // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1986, № 6. С. 119–128.
 33. *Огородников В.Н., Сазонов В.Н., Поленов Ю.А.* Минералогия шовных зон Урала. Ч. 3. Уфалейский гнейсо-амфиболитовый комплекс (Южный Урал). Екатеринбург: УГГУ, 2007. 187 с.
 34. *Поленов Ю.А.* Эндогенные кварцево-жильные образования Урала / Отв. ред. В.Н. Огородников. Екатеринбург: УГГУ, 2008. 270 с.
 35. *Русин А.И., Никифоров О.В.* Сосуществующие белые слюды и хлориты в комплексах высокого и низкого давления (плато Кваркуш, Северный Урал) // Региональная минералогия Урала. Т. I. Свердловск: ИМин УрО АН СССР, 1990. С. 114–115.
 36. *Свяжин Н.В., Левин В.Я.* Нельсонит из района г. Кыштыма на Урале // Минералы рудных месторождений и пегматитов Урала. Тр. ИГиГ УФАН СССР. Вып. 70. Минерал. сб. № 6. Свердловск: УФАН СССР, 1965. С. 91–96.
 37. *Соколов Ю.М., Бушмин С.А.* Пегматитизация и метасоматоз кианит-андалузит-силлиманитовой фациальной серии. Л.: Наука, 1978. 89 с.
 38. *Ушаковский В.Т., Кашкуров К.Ф., Симонов А.В.* Заращение отверстий в искусственных кристаллах кварца // Кристаллография. 1965. Т. 13, Вып. 3. С. 559–560.
 39. *Фоминых В.Г., Белковский А.И.* Состав и свойства магнетитов из жил альпийского типа // Минералы изверженных и метаморфических горных пород Урала. Тр. ИГиГ УФАН СССР. Вып. 86. Свердловск: УФАН СССР, 1970. С. 89–92.
 40. *Фоминых В.Г., Краева Ю.П., Чащухина В.А.* Гранатпироксеновый парагенезис эклогитоподобных пород массива Светлый бор Качканарского комплекса // Уральск. мин. сб. № 5. Миасс: ИМин УрО РАН, 1995. С. 232–234.
 41. *Цинзерлинг Е.В.* О каналах в кварце // Зап. ВМО. 1964. Ч. 93. Вып. 3. С. 342–348.
 42. *Штейнберг М.В., Игуменцева М.А., Быков В.Н.* Инфракрасная Фурье-спектроскопия воды и Н-дефектов в гранулированном кварце Кузнецкихинского месторождения // Литосфера. 2010. № 4. С. 152–156.
 43. *Albee A.L.* Phase equilibria in three assemblages at kyanite zone pelitic schists, Lincoln Mountain quadrangle, Central Vermont // J. Petrol. 1965. V. 6, № 2. P. 246–301.
 44. *Augustine F., Hale D.R.* Topography and etch patterns of synthetic quartz // J. Phys., Chem. Solids. 1960. V. 13. P. 344–356.
 45. *Lambert R.St.J.* The mineralogy and metamorphism of the Moine schists of the Morar and Knoydart districts of Invernesshire // Trans. Roy. Soc. Edinburg, 1959. V. 63, Pt. 3. P. 353–388.
 46. *McNamara M.* The lovel greenschist facies in the Scottish High lands // Geol. Fören Stockholm Förh. 1965. V. 87, Pt. 3, № 522.
 47. *Nielson J.W., Foster F.G.* Unugial etch pits in quartz crystals // Amer. Min. 1960. V. 45, № 3-4. P. 299–310.
 48. *Omori K., Kanno H.* A new yttrian apatite encloned in quartz from Naegi, Gufu prefecture, Japan // Amer. Miner. 1962. V. 17, № 9–10. P. 1100–1116.
 49. *Pfenninger H.* Diffusion von Kationen und Ascheidung von Metallen in Quartz unter elektrischen Feldeinwirkung // Juangular-Dissertation zur Erlangung der philosophischen Doktorwürde Universitets. Zurich, 1961. 61 s.

Рецензент Ю.А. Поленов

Mineralogy of the Ufaley type extra pure quartz deposits (Central Ural uplift, Middle Ural)

A. I. Belkovskiy

Institute of mineralogy, Urals Branch of RAS

Within the Ufaley metamorphic block some deposits of extra pure quartz of Ufaley type have been discovered. The geodynamic position, petrography of the host rocks, the characteristic of physical constants and technological properties, mineralogical composition and “age” of Ufaley quartz are a subject of the given paper.

Key words: *vein quartz, Ufaley type, metagabbroids, skarns, fenites, carbonatites.*