

Фрактальная размерность гранулированного кварца Уфалейского кварцево-жильного района (Южный Урал)

В пределах Уфалейского кварцево-жильного района (УКЖР) на Южном Урале, пространственно совпадающего с докембрийскими образованиями одноименного гнейсово-мigmatитового комплекса, по результатам поисковых и оценочных работ выявлено 2270 кварцевых жил и проявлений, сложенных преимущественно гранулированным кварцем. Кварцевые жилы УКЖР приурочены к областям активного динамического влияния разломов и сопровождаются зонами тектоно-термальной активности (рис. 1).

Современный облик кварцевых жил, состоящих из поликристаллических, практически мономинеральных кварцевых агрегатов, известных под названием гранулированного кварца, по своим структурно-текстурным особенностям и условиям образования отнесен нами к метаморфическим кварцевым тектонитам [Савичев, 1990]. При их изучении как структурно сложных образований мы будем использовать фрактальный подход, который «...может выступать универсальным способом анализа пространственных изображений независимо от их сложности» [Гульбин и др., 1997]. Оценить меру сложности структурно-текстурных узоров гранулированного кварца можно с помощью фрактальной размерности [Иванюк и др., 2009].

Всего проанализировано 30 петрографических пластин из кварцевых объектов четырех различных геологических зон, характеризующих основные участки локализации кварцевых жил в пределах УКЖР: а) центральная часть, в которой кварцевые тела пространственно совмещены с гигантомигматитами (возраст вмещающих пород PR_1); б) основная кварцево-жильная полоса, сопряженная со Слюдяногорско-Теплогорской шовной зоной, в которой сосредоточено более 90 % разведанных запасов особо чистого кварца (возраст вмещающих пород PR_1); в) основная кварцево-жильная полоса, сопряженная с западной частью зоны активного динамического влияния Главного Уральского разлома (вмещающие породы – куртинская свита R_2); и г) зоны активного динамического влияния осевой части Главного Уральского разлома как в породах куртинской свиты, так и в зеленосланцевых породах Тагило-Магнитогорского прогиба (PZ). Схема геологического строения юго-восточной части УКЖР приведена на рисунке 1а. В пределах этих зон сформированы метаморфические кварцевые тектониты со сложными метагенетическими структурами (по классификации [Кораго, Козлов, 1988]) с различными генерациями кварцевых зерен, в которых редко наблюдаются реликтовые части сингенетических структур кварцевых жил.

Фрактальная размерность структурного узора гранулированного кварца определялась на черно-белых растровых изображениях петрографических пластин. Петрографическая пластина представляет собой плоский срез гранулированного кварца толщиной 1–2 мм площадью до 100 см². Исследование проведено в программе ImageJ [Ferreira, Rasband, 2012]. С использованием штатных средств сегментации программы растровое изображение было переведено в бинарное. Фрактальная размерность (D) би-

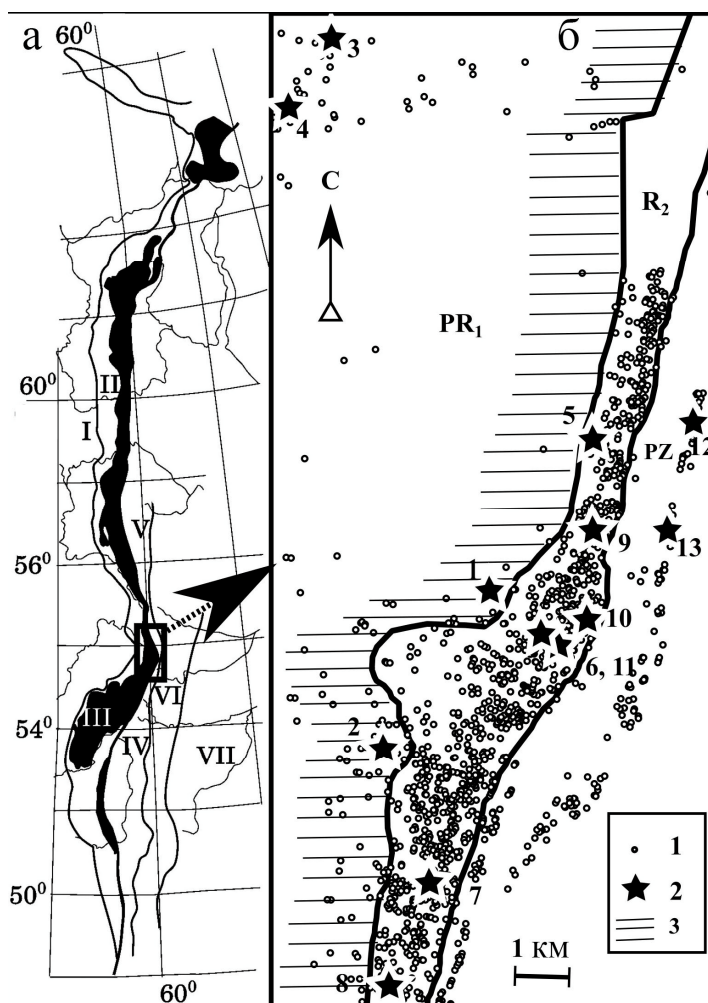


Рис. 1. Положение Уфалейского кварцево-жильного района в структуре Урала (а) и схема расположения кварцевых жил и проявлений в юго-восточной части Уфалейского кварцево-жильного района (б).

1 – кварцевые жилы и проявления; 2 – кварцевые объекты, по которым произведено определение фрактальной размерности; 3 – Слюдяногорско-Теплогорская шовная зона.

нарного изображения оценена с использованием плагина FractalBoxCounter (подробное описание методики можно найти в работе [Smith et al., 1996]). Параметр D может быть использован как мера сложности рисунка (текстуры и т. д.), и это особенно важно в тех случаях, в которых стандартные измерения, такие как диаметр или длина, не могут оценить степень сложности объекта. В качестве дополнения приведены гistogramмы площади кварцевых индивидов, слагающих агрегат гранулированного кварца. На рисунке 2 приведены примеры сегментированных пластин гранулированного кварца из разных тектонических зон и графики определения фрактальной размерности. Результаты исследования фрактальной размерности гранулированного кварца УКЖР

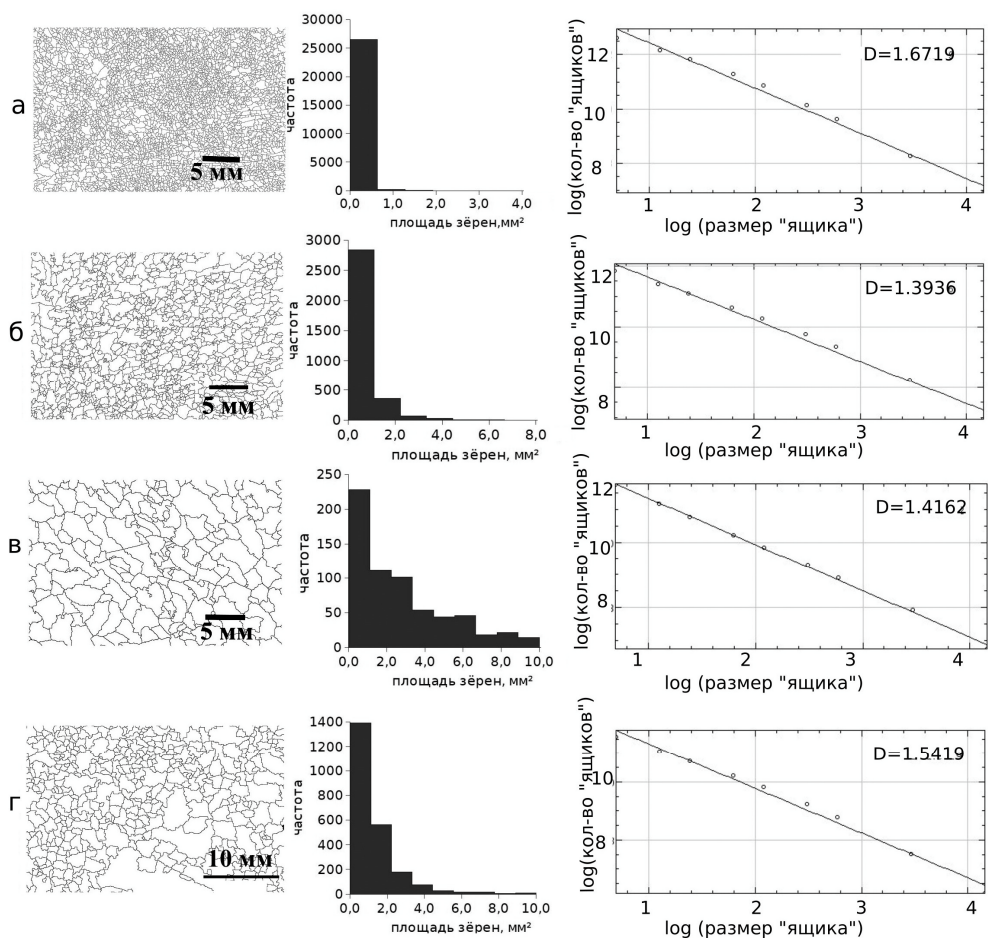


Рис. 2. Структура межзерновых границ, их гранулометрическая характеристика и фрактальная размерность основных типов гранулированного кварца.

Петрографические пластины из кварцевых жил: а – 191, Кузнецихинское месторождение (обр. eg191); б – 175, Кыштымское месторождение (обр. uf_175); в – 101, Кыштымское месторождение (обр. kurta_101-5); г – 94, Пугачевское месторождение (обр. pug_94).

представлены в таблице. Возможные аналоги определения фрактальной размерности показаны в работе [Гульбин и др., 1997].

Таким образом, фрактальная размерность метagenетических структур гранулированного кварца Уфалейского кварцево-жильного района отражает структурные особенности вторичного изменения кварцевых жил (катаклаз + перекристаллизация в разных соотношениях) и является результатом влияния тектонических процессов коллизионного этапа развития Уральского складчатого комплекса [Огородников и др., 2016] на этот район. С зоной влияния осевой части Главного Уральского разлома сопряжены кварцевые жилы с фрактальной размерностью 1.5588 ± 0.0380 , связанные с брекчированием первичных шестоватых структур. В западной части зоны активного динамического

Т а б л и ц а

**Краткая структурная характеристика и фрактальная размерность
гранулированного кварца Уфалейского кварцево-жильного района**

№ п/п	Номер ПП	№ объекта на карте	Структурно-текстурные особенности жильного кварца	Фрактальная размерность, D	Среднее значение D
1	eg265*		Тонкозернистый массивный	1.7125	1.6401 ±0.0572 для зоны (а)
2	eg279*			1.5864	
3	eg3337*			1.6825	
4	eg442*			1.6113	
5	eg1304	4		1.6669	
6	eg191	3		1.6719	
7	eg2369*			1.5389	
8	eg_r3*			1.6864	
9	eg_k1*			1.6038	
10	uf194*		Тонко-мелкозернистый катакластический	1.4903	1.4538 ±0.0456 для зоны (б)
11	uf_175	1		1.3936	
12	uf_175_y49*			1.4223	
13	uf_183	2		1.4273	
14	uf_3528*			1.5088	
15	uf_3578*			1.4805	
16	kurta_101	6	Разнозернистый катакластический мелко-среднезернистый	1.3012	1.4187 ±0.0954 для зоны (в)
17	kurta_101-2	6		1.5204	
18	kurta_101-5	6		1.4162	
19	kurta_101-5	6		1.2449	
20	kurta_101-4	6		1.3180	
21	kurta_101-3	6		1.5254	
22	kurta_209	7	Разнозернистый катакластический мелко-среднезернистый массивный	1.5080	
23	kurta_210	8	Разнозернистый катакластический мелко-среднезернистый	1.4135	
24	kurta_3925 mauk	11		1.4961	
25	kurta_c348	5	Крупнозернистый катакластический	1.4088	
26	kurta_c363	9		1.4534	
27	kurta_c20*		Разнозернистый катакластический с прозрачными участками	1.6130	1.5588 ±0.0380 для зоны (г)
28	kurta_c21	10		1.5545	
29	pug_94	12		1.5419	
30	pug_88	13		1.5258	

П р и м е ч а н и е . ПП – полированная пластина. * – образцы из объектов, не показанных на рисунке 1.

влияния Главного Уральского разлома кварцевые жилы имеют фрактальную размерность 1.4187 ± 0.0954 , обусловленную превращением первичных шестоватых структур в катакластические тектониты. Кварцевые объекты Слюдяногорско-Теплогорской шовной зоны характеризуются фрактальной размерностью 1.4587 ± 0.0456 , обуслов-

ленной превращением первичного ангедрального кварца в сильно перекристаллизованные катакластические тектониты. Кварцевые объекты центральной части Уфалейского комплекса имеют фрактальную размерность 1.6401 ± 0.0572 , обусловленную преобладающим развитием слабо измененных ангедральных структур.

Литература

Гульбин Ю.Л., Евангулова Е.Б., Бурлаков К.В. Опыт количественного генетического анализа структур жильного кварца на основе фрактального приближения // Записки ВМО. 1997. Ч. CXXVI. № 6. С. 103–116.

Иванюк Г.Ю., Горяинов П.М., Пахомовский Я.А., Коноплева Н.Г., Яковенчук В.Н., Базай А.В., Калашиников А.О. Самоорганизация рудных комплексов. Синергетические принципы прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых. М.: ГЕОКАРТ-ГЕОС, 2009. 392 с.

Кораго А.А., Козлов А.В. Текстуры и структуры жильного кварца хрусталеностных областей. Л.: Недра, 1988. 159 с.

Огородников В.Н., Поленов Ю.А., Недосекова И.Л., Савичев А.Н. Гранитные пегматиты, карбонатиты и гидротермалиты Уфалейского гнейсово-мигматитового комплекса. Екатеринбург: ИГТ УрО РАН, УГТУ, 2016. 273 с.

Савичев А.Н. Гранулированный кварц – метаморфический тектонит // Тез. докл. 2 регион. сов. «Минералогия Урала». Т. 2. Свердловск, 1990. С. 133.

Ferreira T., Rasband W.S. ImageJ User Guide – IJ 1.46. imagej.nih.gov/ij/docs/guide/, 2010–2012.

Smith T.G. Jr., Lange G.D., Marks W.B. Fractal methods and results in cellular morphology: dimensions, lacunarity and multifractals // Journal of Neuroscience Methods. 1996. Vol. 69. P. 123–136.

Р.Р. Исламов^{1, 2}, А.В. Сначев¹, И.В. Смолева³

¹ – Институт геологии УФИЦ РАН, г. Уфа
ramislamov@yandex.ru

² – Башкирский государственный университет, г. Уфа

³ – Институт геологии ФИЦ КНЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Геология углеродистых сланцев «бетринской» свиты (Южный Урал)

Разрез углеродистых сланцев, обнаженных в 6 км юго-восточнее г. Белорецк вдоль автомагистрали Белорецк–Магнитогорск на водоразделе р.р. Ятва и Укшук, ранее условно относился к Уралтаускому мегантиклинорию [Рыкус и др., 2002]. Однако по результатам последних геолого-съемочных работ он принадлежит к зилаирской свите (D₃–C₁zl) Зилаирского мегасинклинория [Князев и др., 2013] (рис. 1). Задачей данной работы стало восстановление условий формирования углеродистых отложений, залегающих юго-восточнее г. Белорецк, на основе петрохимических данных, а также сопоставление с возможными их аналогами.

Отложения терригенно-углеродистого типа картируются практически на всем протяжении восточного крыла Зилаирского мегасинклинория и относятся к так называемой «бетринской свите» [Артюшкова и др., 2003]. Первоначально ее возраст принимался в объеме силура – нижнего девона [Ожиганов, 1955], позднее появились данные В.Н. Пучкова [1979] о франском возрасте верхов этой толщи.