

## **ФРУСТУМАЦИЯ (ПЕРВИЧНАЯ КУСКОВАТОСТЬ) ГОРНЫХ ПОРОД КАК ПРОЯВЛЕНИЕ КВАНТОВАНИЯ ГОРНОПОРОДНОГО УРОВНЯ ОРГАНИЗАЦИИ ВЕЩЕСТВА**

**Поваренных М.Ю.** <sup>1</sup>([povar@igem.ru](mailto:povar@igem.ru)), **Жабин А.Г.** <sup>2</sup>

<sup>1</sup>-Московское отделение. ГГМ им. В.И.Вернадского РАН, Москва

<sup>2</sup>- Московское отделение. ИМГРЭ, Москва

## **FRUSTUMATION (PRIMARY LUMPINESS) OF ROCKS AS A MANIFESTATION OF A ROCK LEVEL MATTER ORGANIZATION QUANTIZATION**

**Mikhail Povarennykh**<sup>1</sup>, **Arkady Zhabin**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>-Moscow Department. Vernadsky State Geological Museum RAS, Moscow

<sup>2</sup>-Moscow Department. IMGRE, Moscow

*Мир не может быть без границ,  
без разбиений...*

*Пётр Густав Дирихле (1805 – 1859)*

Идея о сложении горной породы не только минеральными зёрнами, а и закономерными агрегатами минеральных зёрен, минимальными по размерам, трансляцией которых при помощи симметричных операций возможно воспроизвести её целиком («элементарными ячейками»), была высказана в 1968-1972 годах (Драгунов, 1968; Васильев, Драгунов, Рундквист, 1972). К выводу о существенном значении при классификации редкометалльных гранитов их макрооблика («структурной формулы») пришли С.М.Бескин, В.И.Ларин и Ю.Б.Марин (Бескин и др., 1979). Они феноменологически установили закономерную приуроченность разнотипного редкометалльного оруденения к гранитам трёх макрофизиографических типов (А-, Б- и В-граниты). Закономерную агрегативность зёрен кварца в мономинеральных кварцевых породах (наличие устойчивых их ансамблей из не менее чем 25 зёрен), начиная от осадочных несцементированных песков и песчаников до метаморфогенных кварцито-песчаников, установил И.С.Делицин (Делицин, 1985, 1990). Подобные же результаты наблюдений взаимной ориентировки кварцевых зёрен и образования закономерных агрегатов в мономинеральных кварцевых жилах опубликованы в статьях (Никитин, 1996; Сустанов, 2005). Попытки визуализировать пространственную регулярность, аналогичную кристаллической решётке в кристаллах минералов, в гранитах и ряде других горных пород с помощью дифракции субмиллиметрового радиоволнового излучения с длиной волны 2-4 мм предпринимались Р.Л.Бродской (Бродская и др., 1991). В более общем плане М.А.Садовским высказывалась идея о дискретности геофизической среды («естественной кусковатости»), для уровня горных пород выражающаяся в наблюдении квантования размеров продуктов их разрушения взрывом, и была установлена так называемая иерархическая шкала кусковатости с «преимущественными» размерами кусков (Садовский, 1979, 1983). Близкие выводы об иерархичности структурной организации геологических тел высказаны в работе (Евзикова, 2000), а также нами о разно-

уровневом квантовании геологического пространства-времени (простремени) (Жабин, 1971, 1979; Жабин, Юшкин, 1991; Жабин, Юшкин, Маликов, 1994). В статье (Коржинский, 1965) выдвинуто положение (не конкретизированное в минерально-структурном плане и без указаний на возможность его визуализации в горных породах) о локальном-«мозаичном» равновесии в неравновесных природных геологических процессах. Нам с помощью минералого-петрографических методов изучения вещества удалось установить ранее не известное горнопородное явление – первичную кусковатость (или скрытую текстуру) сначала для простых по минеральному составу и генезису, а затем и для полиминеральных и сложных по генезису макроскопически однородных и нетрещиноватых горных пород (Поваренных, 2006; Поваренных, Бескин, 2006; Povarennykh a.o., 2006). Способы обнаружения этого явления описаны нами ранее (Поваренных, 1989, 2000). Первичная кусковатость, в отличие от текстуры горных пород, которая наблюдается невооружённым глазом, является скрытым (неочевидным) их свойством и выявляется специальными методами. По масштабу проявления она меньше или равна текстуре. Природа первичной кусковатости (фрустумации\*) в породах различного генезиса в настоящее время изучается, и, по-видимому, может быть связана с такими явлениями, как ликвация, синнезис (Жабин, 1979; Жабин, Юшкин, 1991) трибо-эффект (Делицин, 1985), природные электромагнитные эффекты (Поваренных, 1989), а также с внешними стрессовыми напряжениями.

В связи с тем, что обнаруженное явление фрустумации не подходит ни под понятие «структура», ни под понятие «текстура» горных пород (ранее оно называлось нами «образование элементарной ячейки», надструктурной характеристикой, первичной кусковатостью, свойством агрегативности горных пород), обсуждаются сами эти понятия.

Для горнопородного уровня организации вещества (УОВ), где исходным элементом – объектом предыдущего минерального УОВ – является минерал, а видом – парагенезис минералов (закономерный агрегат – «горнопородный индивид», по (Белоусов, 1987) или первичный кусок – «фрустум»), возникает настоятельная необходимость употребить, помимо структурной характеристики, ещё и текстурную (причём, вне зависимости от того, имеем ли мы дело с моно- или полиминеральной горной породой). Тогда текстура будет описываться на языке топологии парагенезисов – фрустумов (их формы, размеров, связности, элементов гомологии заполняемого пространства – геологического простремени) (Жабин, Юшкин, 1991). В этой связи получает новое подтверждение известное ранее положение о мобильности структурных рисунков агрегатов и значительно большей инертности (консервативности при метаморфизме) тек-

---

\* В отличие от феноменологически наблюдавшегося явления дробления горных пород на дискретные гранулометрические фракции (и названного «естественной кусковатостью» - блочностью) (Садовский, 1979, 1983; Садовский и др., 1981) нами в неразрушенных горных породах визуализируется первичная кусковатость – скрытая текстура, существующая до разрушения и возможно регулирующая его. Поэтому установленное явление предлагается называть фрустумацией - первичной кусковатостью (от латинского *frustum* – кусок) (Поваренных, 2006; Поваренных, Бескин, 2006; Povarennykh a.o., 2006).

стур и их составляющих единиц парагенезисов минералов (первичных кусков – фрустумов).

Для изучения фрустумации (первичной кусковатости) горных пород нами проведён комплекс разномасштабных исследований (от нано-до дециметрового уровня) наиболее простых по генезису горных пород с использованием традиционных минералого-петрографических методов (поляризационная микроскопия, фотолюминесценция, рентгенофазовый и микрорентгеноспектральный анализы), а также лазерной ультразвуковой эхоскопии (Поваренных, 2006, 2007; Поваренных, Бескин, 2006; Povarennykh a.o., 2006). Фрустумация нами выявлена в горных породах различного генезиса при воздействии коротковолнового ультрафиолетового излучения (длина волны  $\lambda=254$  нанометра). При вращении образцов ни интенсивность люминесцентного свечения, ни границы фрустумов – закономерных ансамблей минеральных зёрен с различной её интенсивностью не изменялась. Механическая обработка (распиловка для приготовления шлифов алмазным инструментом и шлифовка абразивными порошками) также не влияла на положение границ фрустумов - первичных кусков с различной интенсивностью люминесцентного свечения.

На дериватографе Q-1000 (Венгрия) в ИГЕМ РАН в диапазоне температур 100-900°C и на дериватографе STA-449 C “Jupiter” в МИСИС в диапазоне температур 100-950°C исследованы дифференциально-термические характеристики вещества, выбуренного из фрустумов, составляющих изученные ранее в УФ - лучах образцы кибик-кордонского (КК) доломитового и каррарского (К) доломито-кальцитового мрамора. Наблюдались значимые отличия в потере веса (ПВ) вещества из люминесцировавших голубым цветом фрустумов от люминесцировавших тёмно-фиолетовым: цветом: 43.3% и 45.1% (соответственно, в КК-мраморе) и 48.07% и 46.52% (соответственно, в К-мраморе).

Порошковые образцы этих же фрустумов, составляющих КК- и К-мраморы, исследовались с помощью рентгенофазового анализа на дифрактометре ДРОН-3М (НПО «Буревестник», СССР) в режиме на отражение (геометрия Брегга-Брентано) и на дифрактометре “Rigaku” (Япония) на химическом факультете МГУ. При совмещении дифрактограмм вещества светло-голубого и тёмно-фиолетового фрустумов отмечена идентичность по положению основных отражений доломита (как преобладающей минеральной фазы) и отличие их относительной интенсивности (наиболее явственные на дальних углах по  $2\theta$  как для базальных, так и hkl-отражений), что свидетельствует, согласно исследованиям В.А.Дриц (Drits a.o., 2005), о различном содержании изоморфных между собой  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ .

С помощью метода лазерной ультразвуковой эхоскопии (ультразвуковой импульсный метод отражённых волн) (Черепецкая, Шкуратник, 2005) на установке, смонтированной в Международном лазерном центре МГУ им. М.В.Ломоносова, просканировано 26 отшлифованных дециметрового размера внешне нетрещиноватых и однородных образцов горных пород. В качестве источника лазерных импульсов использовался импульсный твёрдотельный Nd:YAG-лазер. По акустическому треку, полученному от образцов в режиме эхоскопии, и значению их толщины с учётом плоскопараллельности вычислялись скорость распространения в них продольных упругих волн и глубины залегания дефектов, картина расположения которых в обработанном с помощью

компьютерной программы виде выводилась на дисплей. Для всех исследованных образцов горных пород наблюдались разные картины неоднородного внутреннего строения, интерпретируемые как наличие закономерных агрегатов минеральных зёрен (фрустумов - первичных кусков), разграниченных между собой системами макроскопической трещиноватости (См. Рис. 1).

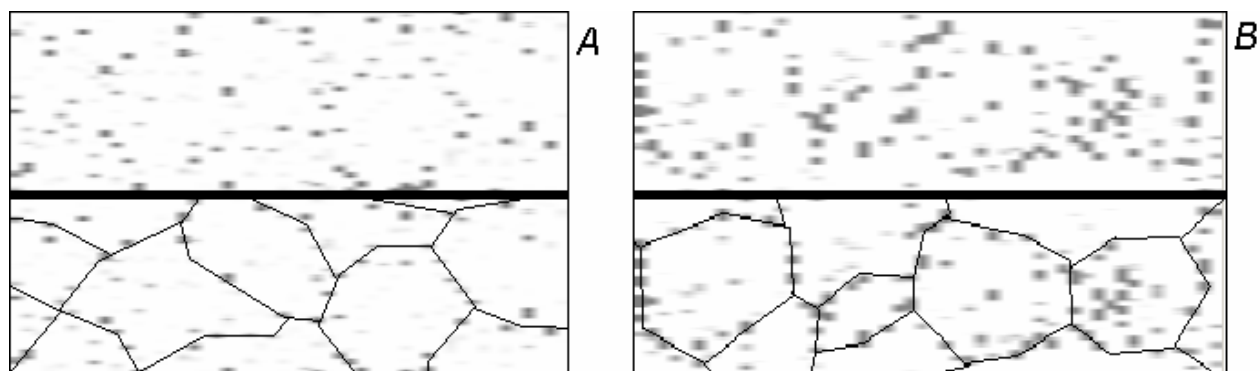


Рис.1. Визуализированная методом лазерной ультразвуковой эхоскопии картина скрытой текстуры (фрустумации) мономинеральных горных пород (кибик-кордонского мелко-среднезернистого кальцит-доломитового мрамора, А; кыштымского мелко-среднезернистого гранулированного кварцита, В). Толщина образцов: 13 и 12 мм, соответственно. Верхняя часть рисунка – исходная картина, нижняя – ретушированная.

Характерные размеры и форма фрустумов в этих исследованных горных породах существенно различаются. Наименьшие по числу их составляющих минеральных зёрен наблюдаются в мономинеральных горных породах - датолитовом скарне, силицитовом кварцевом ядре пегматита, галите, кибик-кордонском и статуарном каррарском мраморе: около 20-50 зёрен в сечении (площадь 1-2 см<sup>2</sup>) и около 70-150 зёрен в объёме. Фрустумы в кальцитовом карбонатите состоят из 50-70 зёрен кальцита в срезе (площадь 2-3 см<sup>2</sup>) и около 200-300 зёрен в объёме, а самые крупные зафиксированы в полиминеральных горных породах – этыкинском амазонит-альбитовом граните и тырнаузском липарите и содержат более 1000 минеральных зёрен калиевого полевого шпата, кварца, альбита, слюды и аксессуарных минералов. То же относится и к визуализируемым без облучения жёстким ультрафиолетом фрустумам типа гексагональных ячеек в метасоматически изменённых амазонит-альбитовых редкометальных гранитах Этыкинского и Ачиканского массивов (Забайкалье, Россия), а также образованиям спиралевидной формы в метагранитах Украины (Капустинский и Корнинский массивы) и щелочных овоидофирах (нефелиновых сиенитах) Ловозёрского массива (Россия).

Морфология фрустумов и способ выполнения ими горнопородных тел, судя по исследованным образцам, весьма прихотливая, и для её описания, возможно, придётся применять теорию фракталов. Объяснение описанного явления возможно, по нашему мнению, лишь при использовании синергетического подхода в науке о горных породах и представлении их как результат возникновения первичных ансамблей (парагенезисов) минеральных зёрен и их кооперативного поведения в отличие от представления о горной породе, как о тривиальном наборе минеральных зёрен. Рассмотрение скрытой текстуры – фрустумации горных пород как их синергетического свойства, по-сути, может способ-

ствовать включению теории Д.С.Коржинского в более общую теорию диссипативных структур И.Р.Пригожина (Nikolis, Prigogine, 1977) и теорию Ф.Л.Рамсея (Graham a.o., 1990). Возможно, она является макроскопической визуализацией так называемого «мозаичного равновесия» в неравновесных горных породах и даёт представление не только о нижнем размерном пределе этих отдельных элементов «мозаики», но об их форме и характере границ этих своеобразных горнопородных фаз.