

ФРУСТУМАЦИЯ (ПЕРВИЧНАЯ КУСКОВАТОСТЬ, АГРЕГАТИВНОСТЬ) ГОРНЫХ ПОРОД КАК ИХ СИНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СВОЙСТВО

М.Ю. Поваренных

Государственный геологический музей им. В.И.Вернадского, Москва
povar@igem.ru

С появлением в руках у исследователей автоматических анализаторов изображения, автогониометров, рентгеновских микротомографов и нейтронографических спектрометров анализа текстур, резко вырос интерес к стереологии горных пород, а также к их теоретическому рассмотрению с использованием современного синергетического подхода и математического аппарата теорий графов и фрактальных кластеров. Однако, многочисленные попытки некритично взятого из минералогии формально-симметричного подхода к изучению строения горных пород, а также рассмотрение минерального зерна в качестве единственного подлинного элемента системы «горная порода» не привели к значимым теоретическим петрографо-классификационным результатам.

Сущностное значение макрофизиографии (надструктуры) наряду со структурой, минеральным и химическим составом горной породы до сих пор недостаточно осознаётся в современной петрографии (не в пример учёным старой школы, таким как Левинсон-Лессинг, Фёдоров, Науманн и многим другим, а также натурфилософам древности) за достаточно редкими исключениями (Белоусов, Бескин, Ларин, Марин, Васильев, Драгунов, Егоров, Gouanovis, Gagny, Гульбин, Забродин, Иванюк, В.В.Индутный, В.А.Попов, Потапьев, Садовский).

Как было показано нами (Поваренных, 1989, 1996), первичным элементом объект-системы «горная порода суть природный минеральный парагенезис» следует считать не только минеральное зерно (даже для мономинеральной породы!), а некий минимальный по размерам закономерный агрегат зёрен – её так называемая «элементарная ячейка» (или «*фрустум*» – кусок, по Латыни, а явление предлагается назвать *фрустумацией*), размножением (трансляцией) которого по неким симметричным (а, скорее всего, - гомологическим) принципам может быть выполнено всё горнопородное тело.

Фрустумация (Поваренных, 2006_{а,б,в,г}; Povarennykh, Rassulov, Lobzova, 2006) выявлена в разнообразных горных породах различного генезиса при воздействии коротковолнового ультрафиолетового излучения (длина волны $\lambda=254$ нанометра): 1) метаморфогенном мелко-среднезернистом статуарном доломит-кальцитовом мраморе (Каррарское месторождение, Тоскана, Италия) и кальцитовом мраморе Кибик-Кордонского месторождения (Красноярский край, Россия); 2) магматогенном среднезернистом кальцитовом безрудном карбонатите (Большетагнинское месторождение, Саян, Россия); 3) первично магматогенном автометасоматически изменённом мелко-среднезернистом, амазонит-альбитовом редкометалльном граните, а также в крупнозернистом до пегматоидного облика альбит-амазонитовом редкометалльном граните (Этыкинское танталовое месторождение, Забайкалье, Россия); 4) метасоматическом крупнозернистом, датолитовом скарне Дальнегорского месторождения (Приморье, Россия); 5) первично магматогенном гидротермально изменённом крупнозернистом, силицитовом ядре пегматита (Калба, Казахстан); 6) первично магматогенном автометасоматически изменённом средне-мелкозернистом щелочном редкометалльном граните Зашихинского тантало-ниобиевого месторождения (Восточная Сибирь, Россия); 7) крупнозернистом галите (Соликамское и Балтийское месторождения, Пермская и Калининградская области, Россия). При вращении образцов ни интенсивность люминесцентного свечения, ни границы зон с различной её интенсивностью (фрустумов) не изменялась. Механическая обработка (распиловка для приготовления шлифов алмазным инструментом и шлифовка абразивными порошками) также не влияла на положение границ зон с различной

интенсивностью люминесцентного свечения (фрустумов). Отрезка алмазной пилой пластины для толстого шлифа от образца амазонит-альбитового Этыкинского редкометалльного гранита, для которого ранее была установлена фрустумация, сопровождалась разламыванием пластины по границе фрустумов (поэтому впоследствии пришлось склеивать обломки для приготовления шлифа). На дериватографе Q-1000 (Венгрия) в ИГЕМ РАН (д.г.-м.н. Пилоян Г.О.) в диапазоне температур 100-900°C исследованы дифференциально-термические характеристики фрустумов, составляющих изученный ранее в УФ-лучах образец кибик-кордонского кальцитового мрамора. Наблюдались значимые отличия в потере веса (ПВ) вещества из люминесцировавших голубым цветом фрустумов от тёмно-фиолетовых: 43.3% и 45.1%, соответственно (теоретическая ПВ для кальцита CaCO_3 составляет 44.0%). Отквартовки этих же образцов фрустумов, составляющих кибик-кордонский мрамор, исследовались на автодифрактометре в МГУ (Химический факультет, аналитик к.х.н. Вересов А.Г.). При совмещении дифрактограмм образцов светло-голубого и тёмно-фиолетового фрустумов выяснилась не только их идентичность по положению основных отражений (т.е. по кальцитовому минеральному составу), но и отличие по относительной интенсивности соответствующих отражений (наиболее явственные на дальних углах по 2θ), что, возможно, свидетельствует о различном содержании изоморфных примесей на месте Ca^{2+} (изовалентный изоморфизм с появлением Mg^{2+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} , Ba^{2+} , Mn^{2+} и Sr^{2+} или гетеровалентный Pb^+ , Na^+ , Fe^{3+} и лантаноиды), либо об их различной дисперсности (субмикронной трещиноватости).

Характерные размеры и форма фрустумов в этих исследованных горных породах существенно различаются. Наименьшие по числу их составляющих минеральных зёрен фрустумы из мономинеральных горных пород - датолитового скарна, силицитового кварцевого ядра пегматита и статуарного каррарского мрамора: около 25-50 зёрен в сечении ($1-2 \text{ см}^2$) и около 125-200 зёрен в объёме. Фрустумы в кальцитовом карбонатите содержат 50-70 зёрен кальцита в срезе ($2-3 \text{ см}^2$) и около 250-300 зёрен в объёме. Самые крупные фрустумы зафиксированы в полиминеральной горной породе - амазонит-альбитовом граните, и содержат более 1000 минеральных зёрен калиевого полевого шпата, кварца, альбита, литиевой слюды и аксессуарных колумбит-танталита и циркона в срезе ($6-10 \text{ см}^2$) и более 5000 зёрен в объёме. То же относится и к визуализируемым без облучения жёстким ультрафиолетом фрустумам типа гексагональных ячеек в метасоматически изменённых амазонит-альбитовых редкометалльных гранитах Этыкинского и Ачиканского массивов (Забайкалье, Россия), а также фрустумам спиралевидной формы в метагранитах Украины (Капустинский и Корнинский массивы) и щелочных овоидофирах (нефелиновых сиенитах) Ловозёрского массива (Россия) (Рис. 1).

Морфология фрустумов и способ выполнения ими горнопородных тел, судя по исследованным образцам, весьма прихотливая, и для её описания, возможно, придётся применять теорию фракталов. Подход к решению с неизбежностью возникающих при их описании симметричных задач выявления закономерностей их пространственного расположения (выполнения горнопородного тела) намечается через использование 11 возможных сеток Кеплера-Шубникова-Делоне и 28 разбиений пространства Андреини.

Применение синергетического подхода в науке о горных породах, по нашему мнению, это представление горной породы как результат возникновения и эволюции первичных ансамблей (популяций, агрегатов, парагенезисов, или фрустумов) минеральных зёрен в отличие от представления о горной породе, как о простом наборе минеральных зёрен (Поваренных, 2006_{а,б,в}).



Рис. 1. Спиралевидная форма фрустума в щелочном овоидофоре (нефелиновом сиените) Ловозёрского массива, подчёркиваемая распределением вытянутых таблитчатых кристаллов К-На-полевого шпата (светлое) в тонкозернистом щелочном биотитовом сиените (тёмное). Образец И.В.Буссен (1933 г.) из коллекции Геологического музея КНЦ РАН (Апатиты). Диаметр фрустума около 18 см. Дневное освещение. Фото автора.

В наиболее общем смысле, самым близким аналогом из неравновесной термодинамики первично-возникших макроскопических (от сантиметров до первых дециметров) ансамблей из сотен и тысяч минеральных зёрен в горной породе являются ячейки (вихри) Бенара в слое жидкости с их когерентным (скоррелированным) поведением миллиардов молекул жидкости, охватывающим макроскопические расстояния и объёмы порядка сантиметров и более, и чувствительностью к пространственным граничным условиям.

Фрустумация горных пород, возможно, является макроскопической визуализацией так называемого «мозаичного равновесия» в неравновесных горных породах (Коржинский, 1965, 1979), и она даёт представление не только о нижнем размерном пределе этих отдельных элементов «мозаики» (100-150 зерен в объёме мономинеральной горной породы или 25-50 в её плоском срезе-шлифе), но об их форме и характере границ этих своеобразных горнопородных фаз. Кристаллы-зёрна внутри фрустумов или этих областей «мозаичного равновесия» имеют между собой индукционные поверхности синхронного роста, то есть, не только близодновременны, но и близравновесны.

Рассмотрение фрустумации горных пород как их синергетического свойства, по-сути, может способствовать включению теории Д.С.Коржинского в более общую теорию диссипативных структур Пригожина – Хакена – Руденко – Высикайло для горных пород. Исследование границ фрустумов (резко неравновесных – стоков энергомассопотоков – путей миграции трансмагматических, в частности, флюидов) и внутрифрустумных межзерновых границ (близодновременных и близравновесных) в сочетании друг с другом может быть реализовано в наиболее цельное и полномасштабное представление об объект-системе «горная порода».

Список литературы

- Высикайло Ф.И., Иванов О.П. Гипотеза о роли кумулятивных свойств диссипативных структур (аттракторов) в экстремальных явлениях природы // Синергетика. Т. 8. М. 2006. с.119-138.
- Делицин И.С. Элементарная ячейка горных пород и механизм их самоорганизации // Идея развития в геологии: Вещественный и структурный аспекты. Новосибирск. 1990. с. 273-280.
- Драгунов В.И. Онтологические аспекты геологии / В кн.: Проблемы развития советской геологии (Тр. ВСЕГЕИ. Нов. серия. Т.177). Л. 1971. с. 48-69.
- Жабин А.Г. Онтогенез минералов. Агрегаты. . М.:Наука. 1979.
- Иванюк Г.Ю., Горяинов П.М., Егоров Д.Г. Введение в нелинейную геологию (опыт адаптации теории структур к геологической практике). Апатиты. Изд. КНЦ РАН. 1996.
- Коржунский Д.С. О равновесии при процессах минералообразования //Изв. АН СССР. Сер. Геол. 1965. № 2. с. 128-131.
- Поваренных М.Ю. О пространственной регулярности (“элементарной ячейке”) горных пород //Биохим. карбонаты антропоген. озер и источников. Пермь.1989.с. 138-151.
- Поваренных М.Ю. Фрустуляция (фрагментация, кусковатость, образование «элементарной ячейки») – впервые выявленное свойство горных пород // Теория, история, философия и практика минералогии. Мат. IV Международного минералогического семинара. Сыктывкар, 2006. с. 66-67.
- Поваренных М.Ю. Переход от зёрненного к ансамблевому (агрегативному, фрустуляционному) представлению горных пород // Материалы Международной научной конференции «Фёдоровская сессия-2006». СПб. 2006. с. 35-37.
- Поваренных М.Ю. О фрустуляции (свойстве первичной кусковатости, агрегативности) горных пород и её влиянии на дробимость и возможность крупнокускового обогащения щелочных гранитов и карбонатитов // Тез. Докл. Всерос. Совещания «Геология, петрология, минералогия и генезис щелочных пород» (18-23.09.2006). Миасс. 2006 с.116-121.
- Поваренных М.Ю. О фрустуляции (свойстве первичной кусковатости, фрагментации) горных пород и её влиянии на их дробимость и возможность крупнокускового обогащения //Труды Годичного собрания Российского Минералогического общества (3-5 октября 2006). СПб. 2006. с.168-176.
- Поваренных М.Ю., Бескин С.М. Применение современных технических и аналитических средств выявления первичной кусковатости (фрустуляции или образования «элементарной ячейки») горных пород // Труды I Всероссийского семинара по технологической минералогии. Петрозаводск (28-29.04.2006). 2006, с. 24-46 (в печати).
- Руденко А.П. Критерии открытых систем, обеспечивающие процессы самоорганизации и прогрессивной эволюции // Синергетика. Т. 7. М., 2004, с. 22- 36.
- Садовский М.А. Естественная кусковатость горной породы // ДАН СССР. 1979. Т.247. Вып. 4. с. 829-831.
- Barnsley M. *Fractals everywhere*. Academic Press. Inc. 1988.
- Fowler A.D. *Self-organized mineral textures of igneous rocks: the fractal approach* // *Earth Sci. Reviews*. 1990. 29. p. 47-55.
- Mandelbrot B.B. *The fractal geometry of Nature*. San-Francisco: Freeman. 1982.
- Nicolis G., Prigogine I. *Self-Organization in Non-Equilibrium Systems: From Dissipative Structures to Order Through Fluctuations*. New York: J.Willey&Sons. 1977.
- Povarennykh M.Yu., Rassulov V.S., Lobzova R.V. *Frustumation (fragmentation, lumpiness, “rock unit cells” formation) – the first discovery of the rock universal property* //Proc. XI Int. Congress Mathem. Geology “Quantitative Geology from Multiple Sources” (Liege, Belgium, September 3-8, 2006). CD-ROM D/2006/0480/31